

(19) Federal Republic of Germany  
German Patent Office

(12) Patent  
(10) DE 196 18 891 C1

(51) Int. Cl.8: D 06 M 10/00

(21) File No.: 198 18 891.1-43  
(22) Filing date: 10 May 98  
(43) Date laid open: -  
(45) Date of publication of the patent grant: 3 Apr 97

Opposition can be filed within 3 months of publication of the grant.

---

(72) Inventor: same as patent proprietor

(73) Patent proprietor:  
Bloch, Barbara, 53757 Sankt Augustin, DE; Bloch, Klaus, 53757 Sankt Augustin, DE

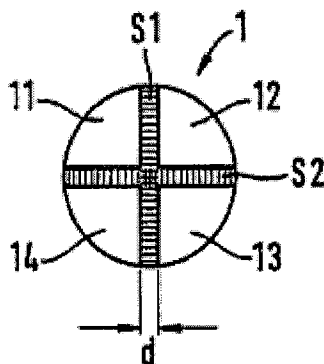
(74) Attorney: Müller-Gerbes, M., Dipl.-Ing., Pat. Atty, 53225 Bonn

(56) Publications taken into consideration for judging the patentworthiness:  
DE 40 05 879 C1  
EP-OS 02 80 158

---

(54) Method for production of a mowing filament, as well as mowing filament made from stretched and extruded plastic

(57) The invention concerns a method for production of a monofil mowing filament, which is extruded from a plastic and stretched, and then worked by means of laser beams, and during the working by laser beams it executes a rotary movement or oscillatory movement about its lengthwise axis in addition to a straight-line movement in the lengthwise dimension, or the laser beams execute a rotary movement or oscillatory movement about the lengthwise axis of the monofil.



## Specification

The invention concerns a method for making a monofil mowing filament from an extrudable and stretchable plastic, which has a varying position of its cross section in relation to its lengthwise axis, wherein a monofil is extruded from the plastic and stretched by two to tenfold at a temperature below the melting temperature of the plastic and then cooled down to room temperature, thereby obtaining a monofil of high strength with circular cross section. Furthermore, the invention deals with a mowing filament made from a stretched and extruded plastic, which is extruded and stretched from two to tenfold.

By extrudable and stretchable plastic suitable for the manufacture of mowing filaments is meant, for example, suitable high-strength plastics, such as polyamides, nylon, polyurethanes, modifications of these plastics, as well as mixtures of thermoplastic synthetics, including processing adjuvants, stabilizers, colorants, or the like.

Mowing filaments of plastic for brush cutters with drive motor have long been known. Thus, for example, mowing filaments with star-shaped cross section are described in EP-OS 0260 158. From US 4186 239 there is known a mowing filament of nylon with an essentially round or elliptical or bulging star-shaped cross section, being provided with indentations on its surface, running transverse to its lengthwise dimension, to increase the strength and prevent fraying. The mowing filament per US 4186 239 can also be twisted in a helix, forming bulging round ribs. The indentations are produced by deformation, i.e., by impressing the surface of the mowing filament.

Mowing filaments of plastic are subjected to high stress, and the demands in regard to wear resistance and thus operating life are high. Brush cutters with mowing filaments are operated at speeds up to 15,000 revolutions per minute, so that not only is the mechanical strain on the mowing filament very high, but also considerable noise is produced by vortex separation of the mowing filament rotating at high velocity.

In order to increase the wear resistance and the mechanical load capacity of a mowing filament, the mowing filaments extruded as monofils from a suitable plastic, especially a thermoplastic, are stretched at a temperature lying below the melting temperature and then cooled down to room temperature in order to stabilize the stretching, which correspondingly increases the strength.

In order to lessen the noise level produced in operation by a mowing filament at a speed of 10,000 revolutions per minute or more, it has already been proposed in DE 40 05 879 C1 to configure the mowing filament with a cross section departing from point symmetry, namely, point-asymmetrical. According to DE 40 05 879 C1, a mowing filament of plastic is extruded or sprayed with a point-asymmetrical cross section, for example, with an elevation or groove running around it in helical fashion. However, such a mowing filament configured per DE 40 05 879 C1 cannot be subjected to a strengthening by stretching after its production by extrusion or spraying, since a stretching of the monofil after its shaping would again eliminate the desired cross sectional shape of the mowing filament. Although the mowing filament of DE 40 05 879 C1 produces a lower noise level, because of the lack of stretching it has a greatly reduced strength and, thus, reduced wear resistance and thus shorter lifetime.

Also the coiled mowing filament per US 4186 239 can be produced at once in the coiled form during the extrusion process, which is desirable for noise abatement, but here as well there is no additional strengthening by stretching, for otherwise the helical shape would be lost again.

The basic problem of the invention is to produce a mowing filament with a cross section which lessens the noise level.

The invention should create a mowing filament that has both high strength and wear resistance thanks to stretching of the filament, and also enables a substantial reduction of the noise level during operation.

This problem is solved in a method of the mentioned kind for the production of a monofil mowing filament in that the monofil of a suitable plastic, obtained after the extrusion and stretching, is continuously or intermittently subjected to laser beams in the direction of the lengthwise axis of the monofil and plastic is removed from areas by means of the laser beams with changing or reduction of the cross section of the monofil and the monofil in addition to its transport movement in the direction of the lengthwise axis of the monofil executes a rotary movement in only one direction of rotation or an oscillating rotary movement about its lengthwise axis during the exposure to the laser beams, or the laser beams execute a rotary movement in only one direction of rotation or an oscillating rotary movement about the lengthwise axis of the monofil.

According to the invention, the monofil is reduced in terms of its cross section, and the action of the laser beams and evaporation of plastic in the lengthwise dimension of the monofil forms intermittent or continuous cut surfaces with breakaway edges running along the periphery of the monofil, which are coiled in accordance with the rotational or oscillatory movement performed by the monofil. The breakaway edges according to the invention can be coiled continuously or also intermittently, being confined to sections or regions.

With the method of the invention it is possible not only to produce a mowing filament as a monofil of plastic in extruded and stretched and thus high-strength form, but also at the same time to impart a shape to it that counteracts the noise produced during the operation of the mowing filament. Usually, at the high speed of rotation of a brush cutter with mowing filaments, there is a periodic separation of vortices at the free end of the mowing filament. But thanks to the breakaway edges formed on the mowing filament by means of the laser beam treatment, an earlier vortex separation is made possible at constantly differing places, which allows for a substantial decrease in the noise level.

With the invented method, for the first time it becomes possible to produce a mowing filament with relatively high wear resistance and lifetime, and a lower noise level for the brush cutters operating with it at speeds of 10,000 to 15,000 rpm.

Advantageous embodiments of the invented method will be found in the characterizing features of the subclaims.

The invented mowing filament from a stretchable and extrudable plastic, which is extruded and stretched from twofold to tenfold, is characterized in that it has at least three breakaway edges coiling along the outermost circumference of the monofil in the lengthwise direction, being present either only in one coiling direction or a coiling direction alternating in accordance with an oscillatory movement. According to the invention, the mowing filament has edges, i.e., sharp edges, in contrast with the rounded shapes of the outer circumference in bulges according to US 4186 239. Neither are any sharp edges or grooves achieved during an extrusion of the mowing filament per DE 40 05 879 C1, but instead slightly rounded transitions are usually produced.

It is known in materials processing how to use lasers both for the welding of plastics and metals and for cutting and boring. The energy can be applied in exact dose and the laser beam can be very accurately focused and thus localized, so that it is possible to produce the treatment according to the invention, i.e., cutting or trimming of monofil to produce mowing filaments with cross section varying in the lengthwise dimension of the mowing filament with breakaway edges with high precision. During the working of plastic by means of laser for the purpose of the cutting or removal of material to change the cross sections, the plastic is removed by evaporation from regions coming into contact with the laser beam. Thus, a certain amount of material ablation is associated with the cutting at the same time. Therefore, both the continuous cut surfaces and localized ablations such as notches will have precise and relatively sharp edges on the periphery of the monofil treated in this way.

According to the invention, the coiled trend of the breakaway edges is achieved in that the cut surfaces produced by means of laser beam on the monofil are coiled by a corresponding rotary movement of the monofil, as are the breakaway edges in which the cut surfaces terminate on the periphery of the monofil. Of course, it is also possible to pull the monofil straight through during the laser beam treatment and make the laser beams execute a corresponding rotary motion about the monofil, for example, by rotating constantly or in oscillation, so that similar coiled cut surfaces and breakaway edges are formed on the monofil. This method can also be carried out accordingly with the characterizing features of subclaims 2 to 13 if the laser beams perform the rotary movement, instead of the monofil.

In the event that the monofil is rotated, in order to preserve the correspondingly coiled breakaway edges and cut surfaces, it may be expedient not to rotate the entire monofil over the entire conveyance length, including feed roller, but instead have the monofil execute only an oscillatory movement for a corresponding angle, such as preferably not more than 180 degrees, in particular not more than 90 degrees, back and forth. Accordingly, with a straight conveyance, only the laser equipment for the laser beams can be moved back and forth or rotating about the lengthwise axis of the monofil.

According to one modification of the invented method, a monofil with a relatively large circular cross section is extruded and then stretched, preferably by fourfold to eightfold, and then the monofil is cut through by means of two laser beams running perpendicular to each other, and the theoretical point of intersection of the laser beams is preferably situated on the lengthwise axis of the monofil, so that four individual mowing filaments are produced from the extruded and stretched monofil, each with a cross section corresponding to a quarter circle, with three breakaway edges coiling in one direction or running in

alternating coiling directions, corresponding to the coiled cut surfaces that are produced by means of the laser beams. The quarter circle cross sections of the monofilaments, which are nearly triangular, have relative sharp breakaway edges thanks to the method of the invention, namely three of them, while thanks to their compact cross sectional shape and the stretching they have high strength and therefore wear resistance, and thanks to the coiled breakaway edges they produce less noise in operation as compared to noncoiled mowing filaments, due to multiple early vortex separation. This invented method, furthermore, has the advantage of being able to produce, for example, four mowing filaments from one monofilament, and a relatively high productivity can also be achieved by means of the laser beam treatment.

According to another embodiment of the invented method, two parallel laser beams work on the monofilament in such a way that, on two opposite sides of the monofilament, slices preferably the same size are removed from the cross section of the monofilament or ablated by evaporation of material and a mowing filament is produced with four breakaway edges coiling in the lengthwise dimension in one direction or alternating coiling direction. The same-size slices which are removed by means of laser energy on opposite sides of the monofilament can either be straight slices, i.e., a flattening of the cross section of the monofilament, or have a concave or fluted shape.

It is customary to use mowing filaments with diameters of 1.5 to 3.5 mm. With the method of the invention, such mowing filaments can be produced by extruding a monofilament with a diameter of 5 to 10 mm and then stretching it by fourfold to eightfold, whereupon the diameter becomes correspondingly smaller. From these stretched monofilaments, one produces mowing filaments with cross sections deviating from a round cross section and coiling breakaway edges by means of laser beam treatment, having a mean diameter of the cross section of around 1.5 to 4 mm. The monofilament can be processed by laser into the mowing filament either according to the features of claim 5 or, for example, according to the features of claim 6. By mean diameter of the mowing filament is meant the maximum diameter, i.e., the greatest dimension of the cross section of the mowing filament.

In order to achieve a favorable vortex separation when the mowing filament is working at high speeds of rotation, resulting in a correspondingly lower noise output, it is proposed to select the coiled pitch of the breakaway edges of the mowing filament such that one breakaway occurs along a length of 1 to 2.5 cm of the mowing filament, that is, the distance between two breakaway edges consecutively crossing an imaginary surface line of the mowing filament is 1 to 2.5 cm. The active part of a mowing filament in the brush cutter that is rotating at high speed is usually between 15 to 20 cm in the known devices. In this way, the mowing filament can be configured by the method of the invention so that six to ten breakaways, i.e., vortex separations, can occur on one mowing filament during operation.

Preferably, the mowing filament according to the invention is subjected to mirror-symmetrical laser treatment and has accordingly a mirror-symmetrical cross section.

It is also possible, according to the invention, to produce breakaway edges on the surface of the monofilament that are present only in regions, for example, by forming notches due to action of laser beams on the surface of the monofilament and evaporation, i.e., removal of plastic in the desired regions, according to the characterizing features of claim 14. The notches can have the same size and shape and a uniform arrangement on the monofilament, but also irregular and possibly repeating arrangements and/or configurations of the notches are also possible, in order to achieve a good separation of the vortices<sup>1</sup> for the mowing filament and a correspondingly good noise abatement.

Sample embodiments of the invented method for production of mowing filaments and mowing filaments according to the invention shall be explained more closely hereafter by means of the drawing. This shows

Fig. 1a Layout of the extrusion plant with stretching to produce a monofilament,

Fig. 1b Layout for production of four mowing filaments with coiled breakaway edges from one monofilament,

Fig. 2a, b, c, the different cross sections for the making of mowing filaments from one monofilament per Fig. 1b,

Fig. 3, enlarged view of the cross section of a single mowing filament per Fig. 2c,

Fig. 4, perspective view of a mowing filament per Fig. 2c and Fig. 3,

Fig. 5, schematic diagram of the production of the mowing filament per Fig. 2c, 3 and 4 by means of laser beams,

---

<sup>1</sup> Misspelled as "Winkel" (angle), instead of "Wirbel".

Fig. 6a, b, cross section through a monofil and processing of same by means of laser to produce a mowing filament,

Fig. 6c, perspective view of the mowing filament per Fig. 6b,

Fig. 7a, b, another variant of the cross sections of the monofil and a mowing filament produced from this by laser treatment,

Fig. 8, perspective view of a segment of a mowing filament with notches.

Figure 1a shows schematically an extruder E with a nozzle die W with circular cross section for extruding the monofil 1a from a high-strength thermoplastic, such as polyamide homopolymers or copolymers or thermoplastic polyurethanes or polyurethane elastomers (TPU) or mixtures of polyamides with flexibilizing additives. Of the homopolymer polyamide molding compounds, one will use, for example, PA6 or PA66 or PA11, possibly in flexibilized form. The extruded monofil 1 is then stretched at a temperature lying below their melting temperature, see the indicated stretching mechanism S, while they are normally stretched by twofold to tenfold, preferably by fourfold to eightfold, resulting in a correspondingly strengthened monofil, which is then wound up on the roller R.

The monofil 1 extruded and stretched in this way is then processed into the desired mowing filament of a specific configuration, as shown in Fig. 1b. The stretched and strengthened monofil 1 is unwound from the feed roller R per Fig. 1b and taken to a processing station outfitted with lasers LI and LII. By means of the lasers LI and LII, laser beams LS1, LS2 are generated, with which the monofil 1 is altered in terms of its cross section. One possibility is for the laser beams LS1 and LS2, produced by the lasers I and II, to work on the monofil 1 in planes perpendicular to each other, as is shown in Fig. 5, while the theoretical point of intersection of the two laser beams LS1 and LS2 lies on the lengthwise axis X of the monofil. By means of the so arranged laser beams LS1 and LS2, the monofil 1 is cut through the middle, vertically and transversely, as can be seen in Fig. 5, so that from the monofil 1 are produced four smaller monofil 11, 12, 13, 14 of altered geometry, forming the desired mowing filaments. These four mowing filaments 11, 12, 13, 14 are wound up individually onto supply rollers R1, R2, R3, R4, as can be seen in Fig. 1b, and can then be taken onward for consumption.

During the action of the laser beams LS1, LS2 on the monofil 1, there occurs at the same time a relative motion of the monofil and the laser beams in regard to each other, so that either the monofil 1 executes a rotary movement D1 or D2 about its lengthwise axis in one direction or the other, or an oscillatory, that is, a back and forth movement D1, D2, or the laser beams LS1, LS2 are guided so that they rotate about the monofil, and this either consistently in direction D1 or D2 or oscillating back and forth D1, D2. The devices for producing a rotational movement of either the monofil 1 or the laser beams LS1, LS2, or the lasers I, II, during the pulling of the monofil 1 in the direction of the arrow T through the stretch outfitted with the laser beams, are not shown in greater detail. Thanks to the lengthwise movement of the monofil 1 in the direction of the arrow T with simultaneous rotary movement of either the laser beams or the monofil, cuts S1, S2 are produced by means of the laser beams LS1 and LS2, forming coiling cut surfaces and, accordingly, they cut out coiling mowing filaments 11, 12, 13, 14 from the original monofil 1 with circular cross section. The monofil 1, see Fig. 5, is led in guideways H1, H2, and in addition there can be arranged in the transport direction, after the laser station, a cooling device, such as one in the form of blown air, and a suction station in the region of the laser station for the evaporated plastic material in the region of the cut surfaces produced.

Figures 2a-2c again show schematically the process of changing the shape to produce mowing filaments from the extruded and stretched monofil 1 with round cross section per Fig. 2a. In the region of the laser station, the monofil 1 is cut through in the hatched cut surfaces S1, S2 (see Fig. 2b) by means of the laser beams LS1, LS2 and at the same time material is ablated by evaporation in the region of the cut surfaces with a gap thickness d. In this way, the processing by the laser beams LS1, LS2 produces four pieces 11, 12, 13, 14 from one monofil 1, as can be seen in Fig. 2c. Figures 3 and 4 show an individual mowing filament 11 so produced, in magnified detail. The mowing filament 11 cut out from the monofil 1 by means of laser beams has a quarter circle cross section 110, while the cut surfaces 115, 116 together with the envelope surface 114 form a compact mowing filament 11 with three breakaway edges 113, 112, 111.

As can be seen from Fig. 4, the cut surfaces 115, 116 and thus also the envelope surface 114 travel in a coiled form, since the monofil 1 in addition to its lengthwise movement T along its axis X was subjected to a rotary motion D1 about its lengthwise axis X. As can be seen in Fig. 4, the mowing filament 11 coils by 90 degrees along the first path a between A and B and coils by a further 90 degrees in the same direction on the next path c between B and C. The configuration, i.e., the helical course of the mowing

filament 11 is not produced by its deformation during the extrusion or subsequently in a corresponding shaping or drawing die, but rather solely by the corresponding guidance of cuts through the extruded and stretched monofil by means of laser beams. Thus, the helical mowing filament 11 shown in Fig. 4 has the high strength of an extruded and stretched product, while at the same time having the desired coiled or helical contour of at least three sharp breakaway edges 111, 112, 113. When the mowing filament is used in a brush cutter, where with a working length of 15 to 20 cm and hanging free at one end it will rotate up to a speed of 15,000 rpm, these breakaway edges 111, 112, 113 enable a separation of vortices not just at the end of the filament, but at every place where a breakaway edge, looking in the lengthwise dimension of the mowing filament, crosses another breakaway edge along a surface line, i.e., in the embodiment of Fig. 4, after each distance a. Such a vortex separation achieves a considerable noise abatement.

For the mowing filament 11 shown in Fig. 4, already after a first distance a in the region B there could occur a change in the direction of rotation D1, so that the cut surfaces 115, 116 and thus also the envelope surface 114 run in the opposite direction and again take up the position shown in A at the location c. This would correspond to an oscillation with an angle  $\alpha$  of 90°, while the representation of Fig. 4, if the direction of rotation D1 is not changed, corresponds to the first half wave of a helical conformation of the mowing filament 11, and if after step C a change in the direction of rotation D1 occurs, this would correspond to an oscillation with an angle of rotation of 180°.

For example, it is possible to extrude a monofil of polyamide 6 with a diameter of 8 mm and then stretch this by sixfold into a monofil with a diameter of 3.27 mm. From this monofil, four mowing filaments 11, 12, 13, 14 can be produced by cutting with laser beams LS1, LS2, as shown in Fig. 5 and Fig. 2, which still have a mean diameter of around 1.5 mm after the melting loss.

Figure 6a shows another possibility for processing a monofil 1, schematically shown in cross section, by means of laser beams LS1, LS2. In this case, the laser beams LS1, LS2 are oriented parallel to each other, so that they slice and evaporate circular segments S1, S2 on two opposite sides of the extruded and stretched monofil 1. At the same time as the transport movement in the lengthwise dimension of the monofil (see Fig. 5), the monofil 1 or instead the laser beams undergo a rotary movement, so that the cut surfaces coil accordingly on the monofil. The core remaining after the slicing away of the circular segments S1, S2 then forms the mowing filament 10 (see Fig. 6b), with the cut surfaces 101, 102, the remaining envelope surfaces 103, 104, and the breakaway edges 10a, 10b, 10c, 10d. As can be seen from the perspective schematic diagram of Fig. 6c, the cut surfaces 101, 102 and thus also the remaining envelope surfaces 103, 104 coil about the lengthwise axis X of the former monofil and form the desired twisted mowing filament 10 with breakaway edges. The rotary movement of the monofil 1 can occur, as already explained for Fig. 4, during the treatment by means of laser beams LS1, LS2, namely, either oscillating by 90 degrees or oscillating by 180 degrees, as shown in Fig. 6c, or rotary motion continuously in one direction. Furthermore, it is also possible to perform intermittently the rotary motion or oscillating movement during continuous transport motion in direction T in order to generate coiled cut surfaces and thus coiled mowing filaments from a monofil, so that coiled portions alternate with uncoiled but still sliced portions, so that in any case continuous breakaway edges are formed. Figure 6c merely shows as an example how it is possible to perform an oscillating movement on the monofil after rotating the monofil or laser by 180 degrees during the cutting on distance 2a and then rotating back by another 180 degrees on distance b between C and F. The distance 2a is equal to the distance 2b between A and C or C and F per Fig. 6c and each time corresponds to a half wave of the coiling between A and C or C and F.

Figure 7a shows another possibility of changing the cross section of the extruded and stretched monofil 1 to make a mowing filament. According to the variant of Fig. 7a, two laser beams LS1, LS2 on an axis work on a monofil in opposite direction, i.e., at two opposite sides of the monofil, and by evaporation of the plastic in the region S1 and S2 they each produce a depression or concave indentation or groove 101, 102 (see Fig. 7b). Also in this procedure using laser beams LS1, LS2, the monofil 1 or the laser beams are turned in one direction or oscillating, rotating about the lengthwise axis X of the monofil 1, so that the indentations run like flutes in coil or helical manner around the circumference of the mowing filament 10 made from the monofil and at the same time form four breakaway edges 10a, 10b, 10c, 10d (see Fig. 7b).

Of course, it is also possible to have the laser beams LS1, LS2 per Fig. 7a, 7b, work not continuously on the monofil, but intermittently. One then gets notches or groove regions dug out at appropriate intervals by evaporation of the plastic in the region of the laser beam processing, which likewise are arranged to run in a corresponding pitch around the circumference of the monofil after the monofil 1 is rotated during its transport along the axis X. In this way, the depth and width of the notches worked into the surface can be varied and also adapted to the diameters of the monofil 1.

Figure 8, for example, shows schematically the configuration of breakaway lines by means of notches 105 on a monofil 1. The monofil 1 is extruded and stretched from a suitable thermoplastic of high strength, so that it already has the final particular stretched diameter  $d_m$  for the mowing filament. In order to configure this monofil 1 to be noise-abating, in addition to the high-strength treatment by stretching, notches 105 are worked into the circumference of the monofil in regular or even irregular, possibly repeating arrangement, by means of one or more laser beams. Thanks to the precise working of the laser beams on regions of the surface of the monofil, the notches are formed in the desired depth and size by evaporation of plastic. The monofil 1 is moved past the action site of the laser beams LS in the transport direction T, axially parallel to its lengthwise axis X, and at the same time there is a rotary motion, for example, about the lengthwise axis X in the depicted direction D1. The arrangement and pitch of the notches 105 on the circumference of the monofil 1 and the size of the notches will depend on the speed of the transport movement T and the rotary movement D1, and the size also depends on the duration of action of the intermittent laser beam LS, i.e., it acts discontinuously with interruptions on the surface of the monofil. The monofil thus provided with notches 105 then forms the mowing filament, and the marginal edges of the notches form the so-called breakaway edges for the mowing filament.

#### Patent claims

1. Method for making a monofil mowing filament from an extrudable and stretchable plastic, which has a varying position of its cross section in relation to its lengthwise axis, wherein a monofil is extruded from the plastic and stretched by two to tenfold at a temperature below the melting temperature of the plastic and then cooled down to room temperature, thereby obtaining a monofil of high strength with circular cross section, characterized in that the monofil (1) obtained after the extrusion and stretching is continuously or intermittently subjected to laser beams in the direction of the lengthwise axis (X) of the monofil (1) and plastic is removed from areas by means of the laser beams with changing or reduction of the cross section of the monofil and the monofil in addition to its transport movement in the direction of the lengthwise axis (X) of the monofil (1) executes a rotary movement in only one direction of rotation or an oscillating rotary movement about its lengthwise axis (X) during the exposure to the laser beams, or the laser beams execute a rotary movement in only one direction of rotation or an oscillating rotary movement about the lengthwise axis (X) of the monofil.
2. Method per claim 1, characterized in that, under continuous processing of the monofil by means of laser beams, cut surfaces (115, 116; 101, 102) with breakaway edges (111, 112, 113; 10a, 10b, 10c, 10d) running along the periphery of the monofil are produced by the action of the laser beams in its lengthwise dimension, being coiled in accordance with the rotational or oscillatory movement performed by the monofil.
3. Method per claim 1 or 2, characterized in that the monofil is rotated alternately in one or the other direction of rotation, preferably up to an angle of rotation  $\alpha$  of  $180^\circ$ .
4. Method per one of claims 1 to 3, characterized in that the monofil is carried along a predetermined path precisely in the direction of its lengthwise axis (X) and subjected to a rotary motion, while material is removed by evaporation from the cross section of the monofil during the action of laser beams along predetermined cutting directions, thereby producing the cut surfaces (115, 116; 101, 102) on the monofil.
5. Method per one of claims 1 to 4, characterized in that two laser beams oriented perpendicular to each other work on the monofil, and their theoretical point of intersection is preferably located on the lengthwise axis (X) of the monofil (1), and they cut through the monofil in two cutting planes perpendicular to each other, thereby producing from the monofil (1) four individual mowing filaments (11, 12, 13, 14), each with a cross section corresponding to a quarter circle, with three breakaway edges (111, 112, 113) running in a coil, possibly with alternating direction of coil, in the lengthwise dimension.
6. Method per one of claims 1 to 4, characterized in that two laser beams running parallel to each other work on the monofil (1), such that preferably equally large slices are cut from the cross section of the monofil or removed by evaporation of the plastic on two opposite sides of the monofil and a mowing filament (10) is produced with four breakaway edges (10a, 10b, 10c, 10d) coiling in the lengthwise dimension, possibly with alternating direction of coiling.
7. Method per claim 6, characterized in that two circular segments are removed from the cross section of the monofil (1).

8. Method per claim 6, characterized in that two grooves are produced on the cross section by evaporation of the material.
9. Method per one of claims 1 to 8, characterized in that a monofil with a diameter of 5 to 10 mm is extruded and then stretched by fourfold to eightfold and from this one obtains mowing filaments with a mean diameter of around 1.5 to 4 mm and a coiled shape by means of laser beam treatment.
10. Method per claim 3, characterized in that the monofil executes an oscillatory movement about an angle of rotation  $\alpha$  of  $90^\circ$ .
11. Method per one of claims 1 to 10, characterized in that the coiled pitch of the breakaway edges is selected such that one breakaway occurs along a length (a) of 1 to 2.5 cm of the mowing filament, that is, a length corresponding to a distance (a) between two breakaway edges crossing an imaginary surface line, looking in the lengthwise dimension of the mowing filament.
12. Method per one of claims 1 to 11, characterized in that a mirror-symmetrical laser beam processing of the cross section of the monofil (1) is done.
13. Method per one of claims 1 to 12, characterized in that the processing of the cross section of the monofil by means of laser beams takes place intermittently in the lengthwise dimension of the monofil.
14. Method per claim 1, characterized in that intermittent working of the surface of the monofil by means of laser beams produces notches of the same or different dimensions in uniform or nonuniform arrangement along, across, or at an inclination to the lengthwise axis of the monofil in the surface of the monofil by evaporation of plastic, and breakaway edges are formed at the margins of the notches for the noise abatement.
15. Mowing filament of a stretched and extruded plastic, which is extruded and stretched by twofold to tenfold, characterized in that it has at least three breakaway edges (111, 112, 113; 10a, 10b, 10c, 10d) coiling in the lengthwise dimension on the outermost circumference of the monofil, there being present either a single coiling direction or an alternating coiling direction corresponding to an oscillatory movement of the monofil.

[Plus 6 pages of drawings]



Fig. 1a

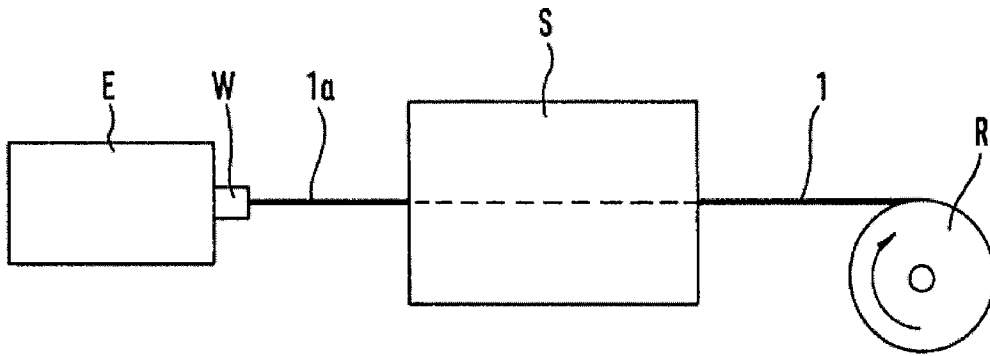
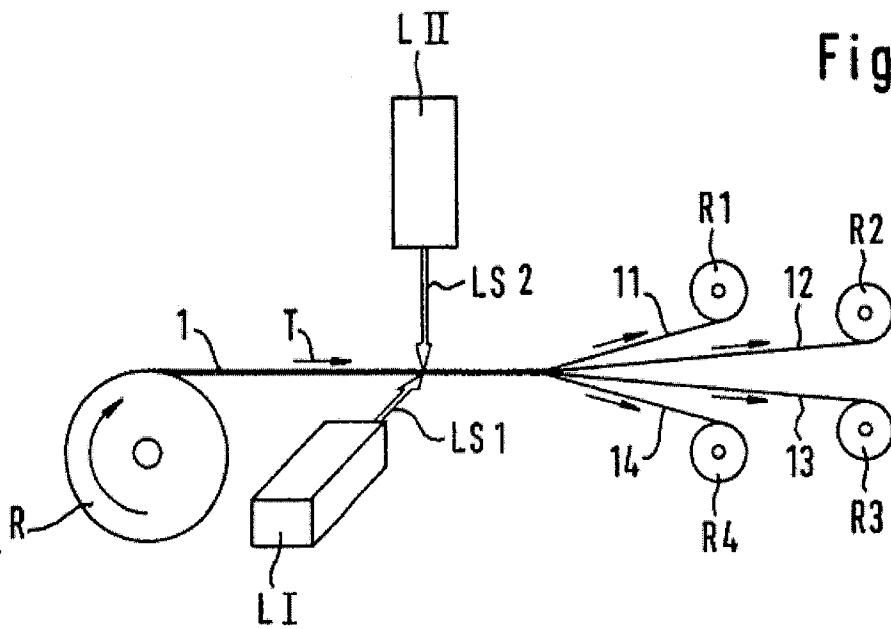


Fig. 1b



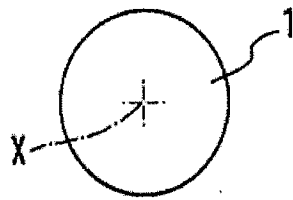


Fig. 2a

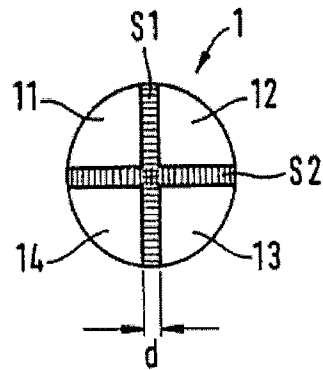


Fig. 2b

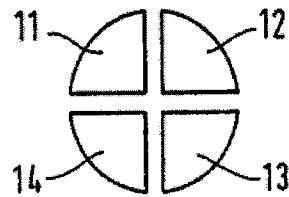


Fig. 2c

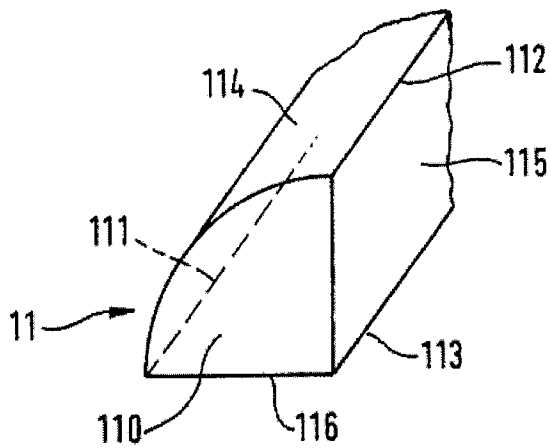


Fig. 3

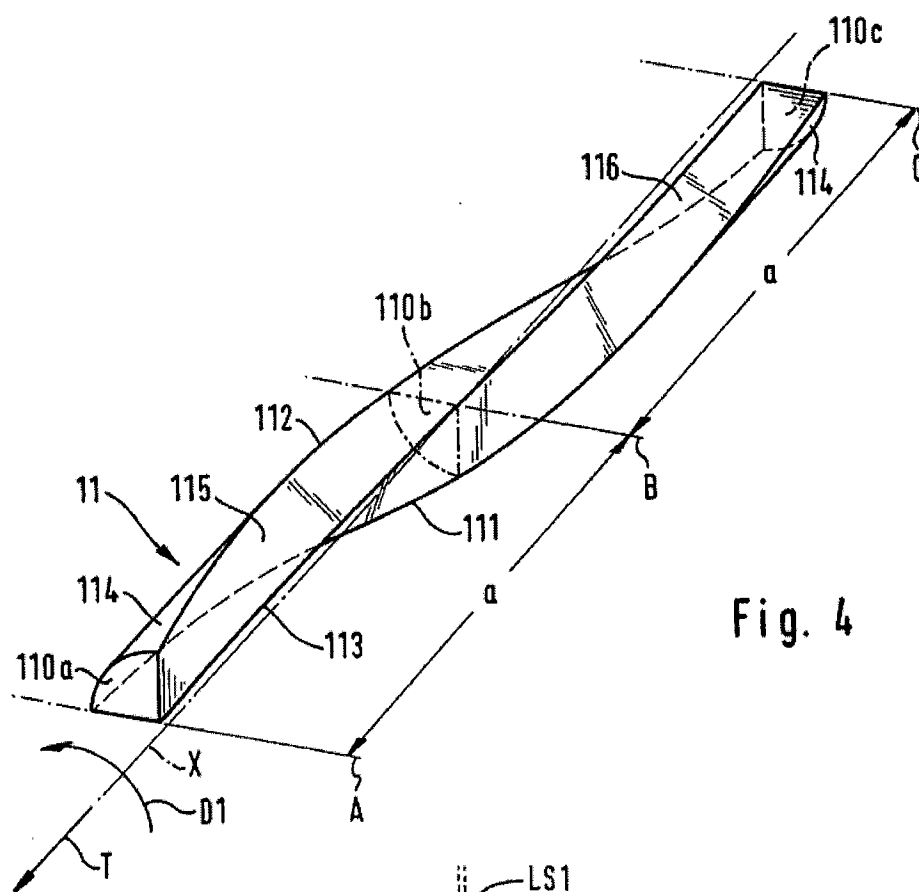


Fig. 4

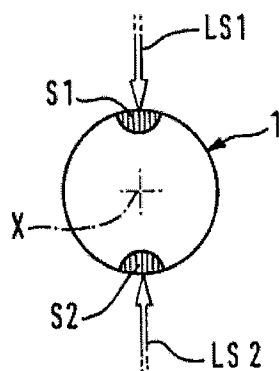


Fig. 7a

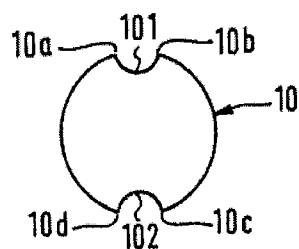
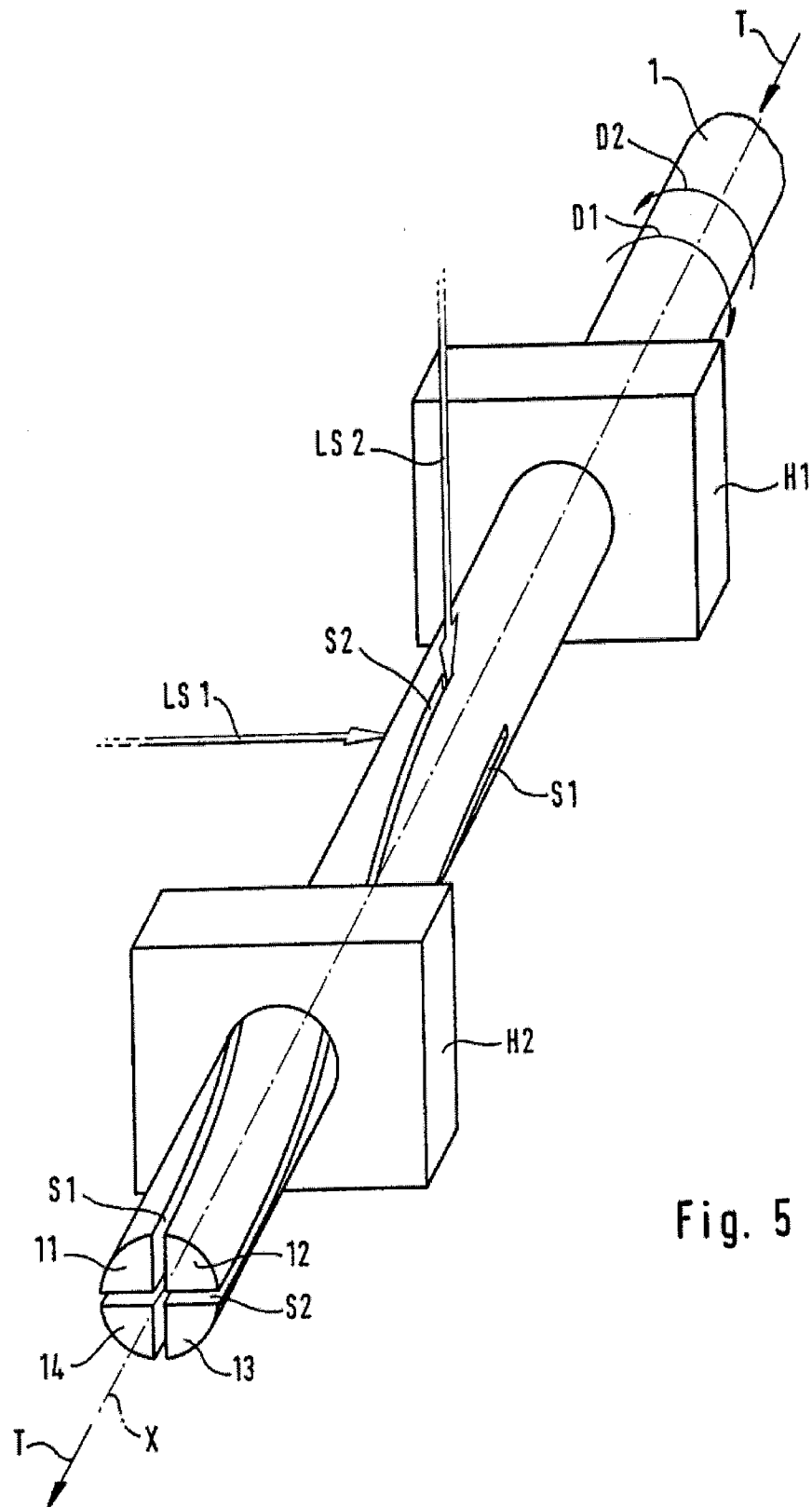


Fig. 7b



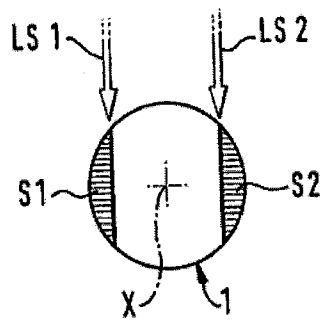


Fig. 6a

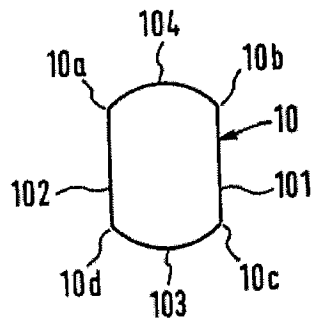


Fig. 6b

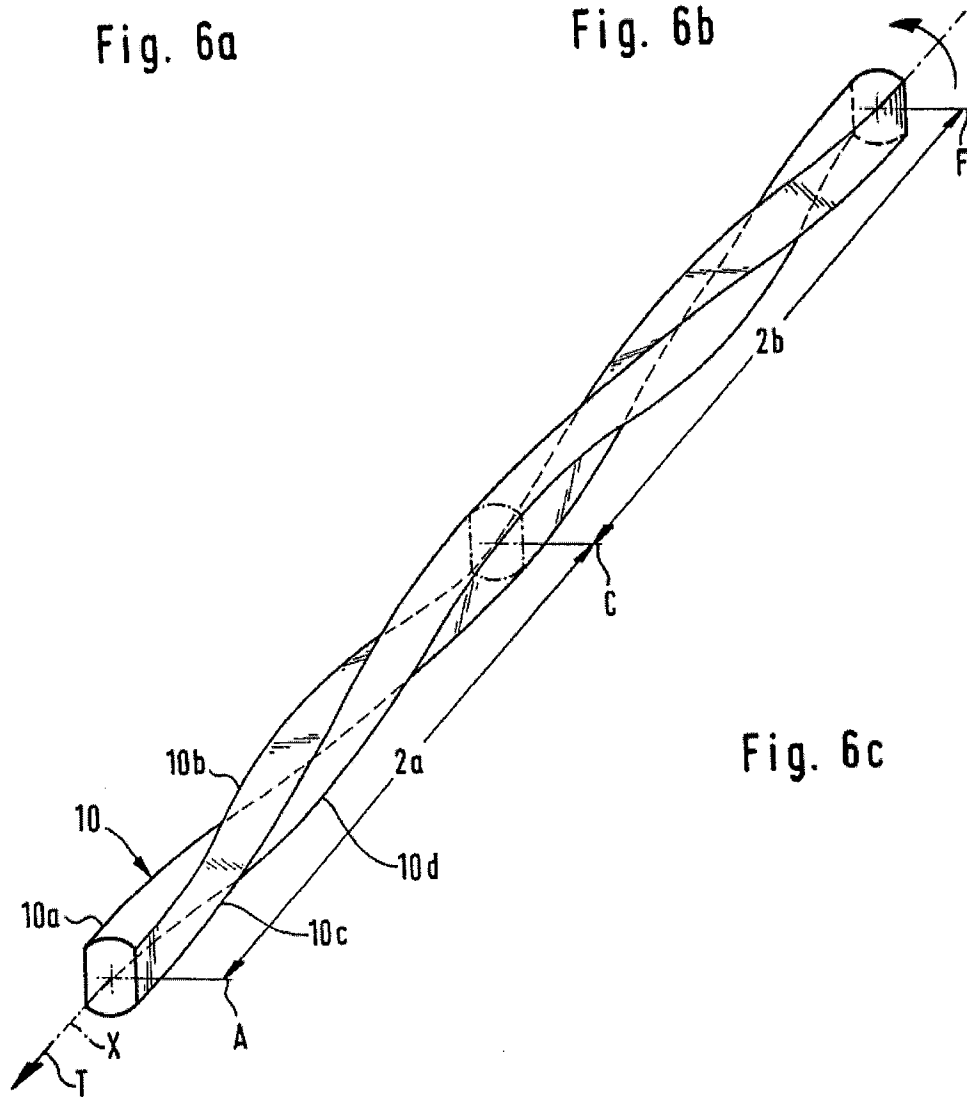


Fig. 6c

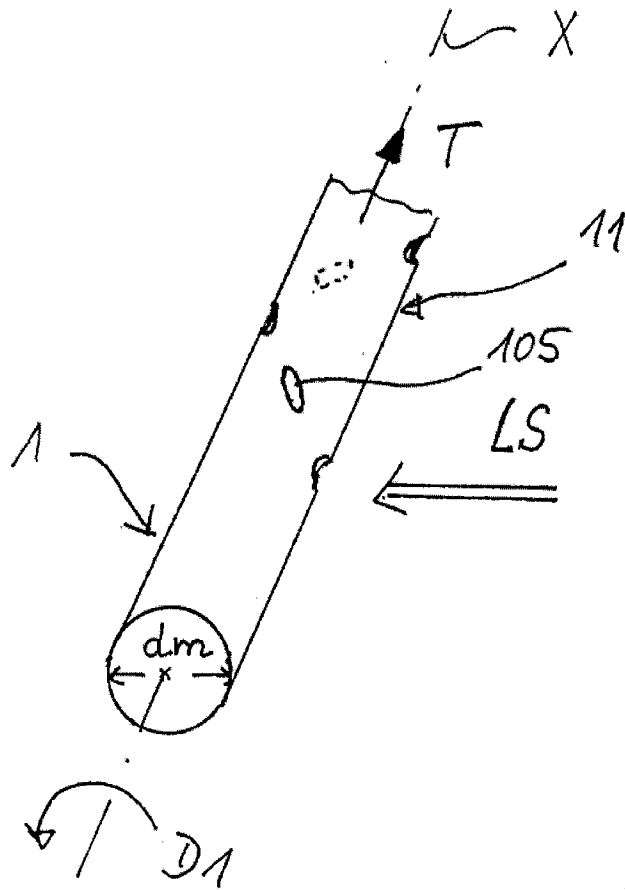


Fig. 8



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 196 18 891 C 1

⑥1 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
D 06 M 10/00

②1 Aktenzeichen: 196 18 891.1-43  
②2 Anmeldetag: 10. 5. 96  
④3 Offenlegungstag: —  
④5 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 3. 4. 97

DE 196 18 891 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:

Bloch, Barbara, 53757 Sankt Augustin, DE; Bloch,  
Klaus, 53757 Sankt Augustin, DE

⑦4 Vertreter:

Müller-Gerbes, M., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 53225 Bonn

⑦2 Erfinder:

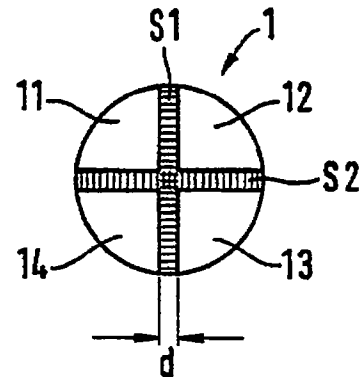
gleich Patentinhaber

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 40 05 879 C1  
EP-OS 02 60 158

⑤4 Verfahren zum Herstellen eines Mähfadens sowie Mähfaden aus einem verstreckten und extrudierten Kunststoff

⑤7 Die Erfindung befaßt sich mit einem Verfahren zum Herstellen eines monofilen Mähfadens, der aus einem Kunststoff extrudiert und verstreckt wird, und anschließend mittels Laserstrahlen bearbeitet wird und während seines Bearbeitens mittels Laserstrahlen zusätzlich zu seiner geradlinigen Bewegung in Längserstreckung eine Drehbewegung oder oszillierende Bewegung um seine Längsachse ausführt oder aber die Laserstrahlen eine Drehbewegung bzw. oszillierende Bewegung um die Längsachse des Monofil ausführen.



E 196 18 891 C 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines monofilen Mähfadens aus einem extrudierbaren und verstreckbaren Kunststoff, der bezogen auf seine Längsachse eine sich ändernde Lage seines Querschnittes aufweist, bei dem aus dem Kunststoff ein Monofil extrudiert und bei einer Temperatur unterhalb der Schmelzetemperatur des Kunststoffes um das Zwei- bis Zehnfache verstreckt und danach auf Raumtemperatur abgekühlt wird, wodurch ein Monofil hoher Festigkeit mit Kreisquerschnitt erhalten wird. Des weiteren befaßt sich die Erfindung mit einem Mähfaden aus einem verstreckten und extrudierten Kunststoff, der extrudiert und um das Zwei- bis Zehnfache verstreckt ist.

Unter extrudierbarem und verstreckbarem Kunststoff, die geeignet sind für die Herstellung von Mähfäden, werden beispielsweise geeignete hochfeste Kunststoffe, wie Polyamide, Nylon, Polyurethane, Abwandlungen dieser Kunststoffe sowie Abmischungen von thermoplastischen Kunststoffen einschließlich von Verarbeitungshilfsstoffen, Stabilisatoren, Farbmitteln oder dergleichen verstanden.

Mähfaden aus Kunststoff für Freischneidegeräte mit Antriebsmotor sind seit langem bekannt. So werden beispielsweise in der EP-OS 0260 158 Mähfaden mit sternförmigem Querschnitt beschrieben. Aus der US 4186 239 ist ein Mähfaden aus Nylon bekannt mit einem im wesentlichen runden oder elliptischen oder wulstartig sternförmigen Querschnitt, der auf seiner Oberfläche mit quer zur Längserstreckung verlaufenden Einkerbungen zur Erhöhung der Festigkeit und Verhinderung des Ausfransens versehen ist. Auch kann der Mähfaden nach der US 4186 239 schraubenlinienförmig verdreht sein, wobei er runde wulstartige Rippen bildet. Die Einkerbungen sind durch Verformung, d. h. Eindrücken auf der Oberfläche des Mähfadens, erzeugt.

Mähfaden aus Kunststoff werden hoch belastet, die Anforderungen in bezug auf Verschleißfestigkeit und damit Betriebsdauer — Lebensdauer — sind hoch. Freischneidegeräte mit Mähfaden werden mit Drehzahlen bis zu 15 000 Umdrehungen pro Minute betrieben, wodurch nicht nur die mechanische Beanspruchung des Mähfadens sehr hoch ist, sondern auch eine erhebliche Geräuschbelastung durch Wirbelablösung der mit hoher Geschwindigkeit umlaufenden Mähfaden entsteht.

Um die Verschleißfestigkeit und die mechanische Belastbarkeit eines Mähfadens zu erhöhen, werden die aus einem geeigneten, insbesondere thermoplastischen Kunststoff als Monofile extrudierten Mähfaden bei einer unterhalb der Schmelzetemperatur liegenden Temperatur verstreckt und danach auf Raumtemperatur abgekühlt, um die Verstreckung zu stabilisieren, wodurch die Festigkeit entsprechend erhöht wird.

Um den Geräuschpegel, den ein in Betrieb befindlicher Mähfaden bei einer Umdrehungszahl von 10 000 Umdrehungen pro Minute und mehr erzeugt, zu verringern, ist bereits in der DE 40 05 879 C1 vorgeschlagen worden, den Mähfaden mit einem von der Punktsymmetrie abweichenden, nämlich punkunsymmetrischen Querschnitt auszubilden. Nach der DE 40 05 879 C1 wird ein Mähfaden aus Kunststoff mit einem punkunsymmetrischen Querschnitt, beispielsweise mit einer wendelförmig umlaufenden Erhebung oder Nut extrudiert oder gespritzt. Ein solcher nach der DE 40 05 879 C1 ausgebildeter Mähfaden kann jedoch nach seiner Herstellung durch Extrusion oder Spritzen keiner Verfestigung durch Strecken unterworfen wer-

den, da durch ein der Formgebung nachfolgendes Verstrecken des Monofils die vorher erzeugte und erwünschte Querschnittform des Mähfadens wieder beseitigt würde. Der Mähfaden nach der DE 40 05 879 C1 erzeugt zwar einen geringeren Geräuschpegel, jedoch weist er infolge der nicht durchführbaren Verstreckung eine erheblich verminderte Festigkeit und damit verminderte Verschleißfestigkeit und damit verkürzte Lebensdauer auf.

Auch der gewendelte Mähfaden gemäß US 4186 239 kann zwar beim Extrudieren unmittelbar in der gewendelten Form hergestellt werden, die zur Geräuschminderung erwünscht ist, jedoch entfällt auch hier eine zusätzliche Verfestigung durch Streckung, da sonst die gewendelte Form, wieder verlorengehe.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Mähfaden mit einem den Geräuschpegel mindernden Querschnitt herzustellen.

Mit der Erfindung soll ein Mähfaden geschaffen werden, der sowohl hohe Festigkeit und Verschleißfestigkeit infolge Verstreckung des Fadens aufweist, als auch eine wesentliche Reduzierung des Geräuschpegels im Betrieb ermöglicht.

Diese Aufgabe wird bei einem gattungsgemäßen Verfahren zum Herstellen eines monofilen Mähfadens dadurch gelöst, daß das nach dem Extrudieren und Verstrecken erhaltene Monofil aus einem geeigneten Kunststoff in Richtung der Längsachse Monofils kontinuierlich oder intermittierend mittels Laserstrahlen bearbeitet wird und mittels der Laserstrahlen Kunststoff bereichsweise unter Veränderung bzw. Verkleinerung des Querschnittes des Monofils entfernt wird und das Monofil zusätzlich zu seiner Transportbewegung in Richtung der Längsachse des Monofils während des Bearbeitens mittels der Laserstrahlen um seine Längsachse eine Drehbewegung in nur einer Drehrichtung oder eine oszillierende Drehbewegung ausführt bzw. die Laserstrahlen um die Längsachse des Monofils eine Drehbewegung in nur einer Drehrichtung oder eine oszillierende Drehbewegung ausführen.

Erfindungsgemäß wird das Monofil in bezug auf seinen Querschnitt verkleinert und die Geometrie des Querschnittes verändert und am Monofil durch das Einwirken der Laserstrahlen und Verdampfen von Kunststoff in Längserstreckung desselben intermittierend bereichsweise oder durchgehend verlaufende Schnittflächen mit am Umfang des Monofils verlaufenden Abrißkanten ausgebildet werden, die entsprechend der durchgeführten Dreh- oder Oszillationsbewegung des Monofils gewendelt verlaufen. Die Abrißkanten können erfindungsgemäß durchgehend gewendelt oder auch intermittierend, wie abschnittsweise oder bereichsweise begrenzt, gewendelt ausgebildet sein.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren gelingt es nicht nur, einen Mähfaden als Monofil aus Kunststoff in extrudierter und verstreckter und damit hochfester Form herzustellen, sondern ihm gleichzeitig eine solche Form zu geben, die durch eine entsprechende Formgebung einer Geräuschbildung des Mähfadens in Betrieb entgegenwirkt. Üblicherweise erfolgt bei der hohen Drehgeschwindigkeit eines Freischneidegerätes mit Mähfaden die periodische Ablösung der Wirbel am freien Ende der Mähfaden. Durch die mittels der Laserstrahlbearbeitung ausgebildeten Abrißkanten am Mähfaden wird jedoch eine frühere Wirbelablösung an stets anderen Stellen ermöglicht, wodurch eine erhebliche Verringerung des Geräuschpegels ermöglicht ist.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wird es erst-



mals möglich, einen Mähfaden mit relativ hoher Verschleißfestigkeit und Lebensdauer, und einem niedrigeren Geräuschpegel damit arbeitender Freischneidegeräte bei 10 000 bis 15 000 Umdrehungen pro Minute herzustellen.

Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind den kennzeichnenden Merkmalen der Unteransprüche entnehmbar.

Der erfindungsgemäße Mähfaden aus einem verstrekbaren und extrudierbaren Kunststoff, der extrudiert und um das Zwei- bis Zehnfache verstreckt ist, zeichnet sich dadurch aus, daß er mindestens drei am äußersten Umfang des Monofil in Längserstreckung verlaufende wendelförmige Abrißkanten aufweist, wobei entweder nur in einer Wendelrichtung oder einer oszillierenden Bewegung entsprechenden wechselnden Wendelrichtung vorhanden ist. Erfindungsgemäß weist der Mähfaden Kanten auf, d. h. scharfe Kanten, im Gegensatz zu den Abrundungen des äußeren Umfanges in Wülsten gemäß der US 4186 239. Auch bei einer Extrusion des Mähfadens gemäß DE 40 05 879 C1 werden keine scharfen Kanten von Nuten erreicht, sondern üblicherweise werden leicht abgerundete Übergänge erzeugt.

Es ist bekannt in der Werkstoffbearbeitung sowohl zum Schweißen von Kunststoffen und Metallen als auch zum Schneiden und Bohren Laser einzusetzen. Die Energie kann exakt dosiert werden und der Laserstrahl sehr genau fokussiert und damit lokalisiert werden, so daß es möglich ist, die erfindungsgemäße Bearbeitung, d. h. Schneiden bzw. Beschneiden von Monofilen zum Herstellen von Mähfaden mit in Längserstreckung des Mähfadens variiertem Querschnitt mit Abrißkanten mit hoher Präzision herzustellen. Beim Bearbeiten von Kunststoff mittels Laser zum Zwecke des Schneidens oder Entfernens von Material zur Veränderung der Querschnitte wird der Kunststoff in den mit dem Laserstrahl in Berührung kommenden Bereichen durch Verdampfen entfernt. Mit dem Schneiden ist also gleichzeitig eine gewisse Materialabtragung verbunden. So entstehen sowohl bei durchgängigen Schnittflächen als auch bei bereichsweisen Abtragungen, zum Beispiel Ausbilden von Kerben, jeweils präzise, relativ scharfe Kanten am Umfang des so bearbeiteten Monofil.

Erfindungsgemäß wird der wendelförmige Verlauf der Abrißkanten dadurch erreicht, daß die Schnittflächen, die mittels Laserstrahl am Monofil erzeugt werden, durch eine entsprechende Drehbewegung des Monofil gewendet werden und damit entsprechend die Abrißkanten, in denen die Schnittflächen am Umfang des Monofil enden. Es ist natürlich auch möglich, das Monofil während der Bearbeitung mittels des Laserstrahles gerade hindurchzuziehen und die Laserstrahlen eine entsprechende Drehbewegung um das Monofil beispielsweise durchlaufend rotierend oder oszillierend ausführen zu lassen, wodurch analog gewendelte Schnittflächen und Abrißkanten am Monofil erzeugt werden. Entsprechend kann dieses Verfahren auch gemäß der kennzeichnenden Merkmale der Unteransprüche 2 bis 13 durchgeführt werden, wenn statt des Monofil die Laserstrahlen die Drehbewegung durchführen.

Für den Fall, daß das Monofil gedreht wird, um die entsprechend gewendelten Abrißkanten und Schnittflächen zu erhalten, kann es zweckmäßig sein, um nicht das gesamte Monofil über die gesamte Führungsstrecke einschließlich Vorratsrolle zu drehen, das Monofil nur eine Oszillationsbewegung durchführen zu lassen über einen entsprechenden Winkel, zum Beispiel vorzugs-

weise nur bis zu 180°, insbesondere nur bis zu 90°, hin- und hergehend. Entsprechend kann auch bei gerader Führung nur die Laserapparatur für die Laserstrahlen entsprechend hin und her oder rotierend um die Längsachse des Monofil bewegt werden.

Gemäß einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein Monofil mit einem relativ großen kreisrunden Querschnitt extrudiert und anschließend verstreckt, vorzugsweise um das Vier- bis Achtfache und danach wird das Monofil mittels zwei senkrecht zueinander verlaufenden Laserstrahlen durchtrennt, wobei der theoretische Kreuzungspunkt der Laserstrahlen sich bevorzugt auf der Längsachse des Monofil befindet, so daß aus dem extrudierten und verstreckten Monofil vier einzelne Mähfaden mit jeweils einem einem Viertelkreis entsprechenden Querschnitt mit drei in Längserstreckung wendelförmig in einer Richtung bzw. wechselnden Wendelrichtungen verlaufenden Abrißkanten erzeugt werden entsprechend den gewendelt verlaufenden Schnittflächen, die mittels der Laserstrahlen erzeugt werden. Die viertelkreisförmigen Querschnitte der Monofile, die nahezu dreieckig sind, weisen durch die erfindungsgemäße Verfahrenstechnik relativ scharfe Abrißkanten, nämlich drei auf, wobei sie auf Grund ihrer kompakten Querschnittform und durch die Verstreckung eine hohe Festigkeit und damit Verschleißfestigkeit aufweisen und infolge der gewendelten Abrißkanten durch frühzeitige mehrfache Wirbelablösung im Betrieb eine geringere Geräuschbildung im Vergleich zu nicht gewendelten Mähfaden hervorrufen. Diese erfindungsgemäße Verfahrensweise hat des weiteren den Vorteil, daß zum Beispiel aus einem Monofil vier Mähfaden erzeugt werden können, wodurch auch mittels der Laserstrahlbearbeitung eine relativ hohe Produktivität erzielbar ist.

Nach einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wirken auf das Monofil zwei parallel zueinander verlaufende Laserstrahlen ein, dergestalt, daß an zwei einander gegenüberliegenden Seiten des Monofil vorzugsweise gleich große Abschnitte vom Querschnitt des Monofil abgetrennt bzw. durch Verdampfen des Materials entfernt werden und ein Mähfaden mit vier wendelförmig in Längserstreckung in einer Richtung oder abwechselnder Wendelrichtung verlaufenden Abrißkanten erzeugt wird. Die gleich großen Abschnitte, die an einander gegenüberliegenden Seiten des Monofil mittels Laserenergie abgearbeitet werden, können entweder gerade Abschnitte sein, d. h. es erfolgt eine Verflachung oder Abflachung des Querschnittes des Monofil oder aber auch in Gestalt von konkaven bis nutenförmigen Verläufen.

Es ist üblich, Mähfaden mit Durchmessern von 1,5 bis 3,5 mm einzusetzen. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können derartige Mähfaden in der Weise hergestellt werden, daß ein Monofil mit einem Durchmesser von 5 bis 10 mm extrudiert und nachfolgend um das Vier- bis Achtfache verstreckt wird, wobei der Durchmesser entsprechend verkleinert wird. Aus diesen verstreckten Monofilen werden durch Bearbeiten mittels Laserstrahlen Mähfaden mit vom kreisrunden Querschnitt abweichenden Querschnitten mit wendelförmig verlaufenden Abrißkanten erzeugt, die einen mittleren Durchmesser des Querschnittes von etwa 1,5 bis 4 mm aufweisen. Hierbei kann das Monofil entweder gemäß den Verfahrensmerkmalen des Anspruches 5 oder beispielsweise gemäß den Verfahrensmerkmalen des Anspruches 6 mittels Laser zum Mähfaden bearbeitet werden. Unter mittlerem Durchmesser des Mähfadens wird

der maximale Durchmesser, d. h. die größte Erstreckung des Querschnittes des Mähfadens verstanden.

Um eine günstige Wirbelablösung bei Betrieb des Mähfadens bei hohen Umdrehungsgeschwindigkeiten zu erreichen, die eine entsprechend geringere Geräuschbildung zur Folge haben, wird vorgeschlagen, die wendelförmige Steigung der Abrißkanten des Mähfadens so zu wählen, daß auf einer Länge von 1 bis 2,5 cm des Mähfadens ein Abriß erfolgt, d. h. der Abstand zwischen zwei eine gedachte Mantellinie des Mähfadens aufeinanderfolgend kreuzenden Abrißkanten 1 bis 2,5 cm beträgt. Der aktive Teil eines Mähfadens im Freischneidegerät, der mit der hohen Geschwindigkeit rotiert, beträgt üblicherweise bei den bekannten Geräten zwischen 15 bis 20 cm. Auf diese Weise kann nach dem erfindungsgemäßen Verfahren der Mähfaden so ausgebildet werden, daß sechs bis zehn Abrisse, d. h. Wirbelablösungen an einem Mähfaden, im Betrieb erfolgen können.

Bevorzugt wird der Mähfaden gemäß der Erfindung spiegelsymmetrisch mittels Laser bearbeitet und weist einen entsprechend spiegelsymmetrisch ausgebildeten Querschnitt auf.

Erfindungsgemäß ist es auch möglich, Abrißkanten an der Oberfläche des Monofil zu erzeugen, die nur bereichsweise vorhanden sind, beispielsweise durch Ausbilden von Kerben durch Einwirken von Laserstrahlen auf die Oberfläche des Monofil und Verdampfen, d. h. Entfernen von Kunststoff in den gewünschten Bereichen gemäß den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruches 14. Die Kerben können gleiche Größe und Form und gleichmäßige Anordnung auf dem Monofil aufweisen, jedoch sind auch unregelmäßige, gegebenenfalls rapportmäßig sich wiederholende Anordnungen und/oder Ausbildungen der Kerben möglich, um eine gute Ablösung der Winkel beim Mähfaden und eine entsprechend hohe Geräuschminderung zu erzielen.

Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Erzeugen von Mähfaden und erfindungsgemäße Mähfaden werden nachstehend anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1a Schema der Extrusionsanlage mit Verstreckung zum Herstellen eines Monofil,

Fig. 1b Schema der Herstellung von vier Mähfaden mit gewendelten Abrißkanten aus einem Monofil,

Fig. 2a, b, c die verschiedenen Querschnitte zum Herstellen der Mähfaden aus einem Monofil gemäß Fig. 1b,

Fig. 3 vergrößerte Darstellung des Querschnittes eines einzelnen Mähfadens gemäß Fig. 2c,

Fig. 4 perspektivische Darstellung eines Mähfadens gemäß Fig. 2c und Fig. 3,

Fig. 5 schematische Darstellung der Herstellung des Mähfadens gemäß Fig. 2c, 3 und 4 mittels Laserstrahlen,

Fig. 6a, b Querschnitt durch ein Monofil und Bearbeitung desselben mittels Laser zum Herstellen eines Mähfadens,

Fig. 6c perspektivische Darstellung des Mähfadens gemäß Fig. 6b,

Fig. 7a, b eine weitere Variante der Querschnitte des Monofil und eines hieraus durch Laserbearbeitung hergestellten Mähfadens,

Fig. 8 perspektivische ausschnittsweise Darstellung eines Mähfadens mit Kerben.

Fig. 1a zeigt schematisiert einen Extruder E mit einem Düsenwerkzeug W mit Kreisquerschnitt zum Extrudieren des Monofil 1a aus einem hochfesten thermoplastischen Kunststoff, wie beispielsweise Polyamid-Homo- und Copolymere oder thermoplastische Poly-

urethane oder Polyurethanelastomere (TPU) oder Abmischungen von Polyamiden mit flexibilisierenden Zusätzen. Von den homopolymeren Polyamidformmassen werden beispielsweise PA6 oder PA66 oder PA11, gegebenenfalls in flexibilisierter Form, eingesetzt. Die extrudierten Monofile 1 werden nachfolgend bei einer unterhalb ihrer Schmelzetemperatur liegenden Temperatur verstreckt, siehe angedeutete Verstreckungseinrichtung S, wobei sie üblicherweise um das Zwei- bis Zehnfache, vorzugsweise um das Vier- bis Achtfache verstreckt werden und hierbei ein entsprechend verfestigtes Monofil entsteht, das nachfolgend auf die Rolle R aufgewickelt wird.

Das so hergestellte extrudierte und verstreckte Monofil 1 wird nachfolgend, wie in der Fig. 1b gezeigt, zu dem gewünschten Mähfaden einer spezifischen Konfiguration verarbeitet. Das verstreckte und verfestigte Monofil 1 wird gemäß Fig. 1b von der Vorratsrolle R abgewickelt und einer mit Lasern LI und LII ausgestatteten Bearbeitungsstation zugeführt. Mittels der Laser LI und LII werden Laserstrahlen LS1, LS2 erzeugt, mit deren Hilfe das Monofil 1 in bezug auf seinen Querschnitt verändert wird. Eine Möglichkeit besteht darin, daß die von den Lasern I und II erzeugten Laserstrahlen LS1 und LS2 in zueinander senkrechten Ebenen, wie in der Fig. 5 ersichtlich, auf das Monofil 1 einwirken, wobei der theoretische Kreuzungspunkt der beiden Laserstrahlen LS1 und LS2 auf der Längsachse X des Monofil liegt. Mittels der so angeordneten Laserstrahlen LS1 und LS2 wird das Monofil 1, wie in der Fig. 5 ersichtlich, senkrecht und quer mittig durchtrennt, so daß aus dem Monofil 1 vier kleinere Monofile 11, 12, 13, 14 veränderter Geometrie entstehen, die die gewünschten Mähfaden bilden. Diese vier Mähfaden 11, 12, 13, 14 werden, wie in der Fig. 1b ersichtlich, einzeln auf Vorratsrollen R1, R2, R3, R4 aufgewickelt und können dann dem Verbrauch zugeführt werden.

Während des Einwirkens der Laserstrahlen LS1, LS2 auf das Monofil 1 erfolgt zugleich eine Relativbewegung des Monofil und der Laserstrahlen in bezug aufeinander, dergestalt, daß entweder das Monofil 1 um seine Längsachse eine Drehbewegung D1 bzw. D2 in der einen oder anderen Richtung durchführt oder eine oszillierende, d. h. hin- und hergehende Bewegung D1, D2, oder aber die Laserstrahlen LS1, LS2 so geführt werden, daß sie um das Monofil herum rotieren, und zwar ebenfalls entweder durchlaufend in Richtung D1 oder D2 oder oszillierend hin- und hergehend D1, D2. Die Vorrichtungen zum Erzeugen einer Rotationsbewegung entweder des Monofil 1 bzw. der Laserstrahlen LS1, LS2 bzw. der Laser I, II während des Hindurchziehens des Monofil 1 in Pfeilrichtung T durch die mit den Laserstrahlen beaufschlagte Strecke sind nicht näher dargestellt. Auf Grund der Längsbewegung des Monofil 1 in Pfeilrichtung T bei gleichzeitiger Drehbewegung entweder der Laserstrahlen oder des Monofil werden Schnitte S1, S2 mittels der Laserstrahlen LS1 bzw. LS2 erzeugt, die wendelförmig verlaufende Schnittflächen bilden und damit entsprechend wendelförmig geformte Mähfaden 11, 12, 13, 14 aus dem ursprünglichen Monofil 1 mit kreisrundem Querschnitt ausschneiden. Das Monofil 1, siehe Fig. 5, wird in Führungen H1, H2 geführt, zusätzlich kann noch in Transportrichtung nach der Laserstation eine Kühlvorrichtung, beispielsweise in Gestalt von Blasluft, und im Bereich der Laserstation eine Absaugstation für das verdampfte Kunststoffmaterial im Bereich der erzeugten Schnittflächen angeordnet sein.

In den Fig. 2a—2c ist schematisch nochmals der Formveränderungsvorgang zum Herstellen von Mähfaden aus dem extrudierten und verstreckten Monofil 1 mit kreisrundem Querschnitt gemäß Fig. 2a dargestellt. Im Bereich der Laserstation wird mittels der Laserstrahlen LS1, LS2 das Monofil 1 in den schraffierten Schnittflächen S1, S2, siehe Fig. 2b, durchtrennt und gleichzeitig im Bereich der Schnittflächen mit einer Spaltdicke d das Material durch Verdampfung abgetragen. Auf diese Weise entstehen durch die Bearbeitung mittels der Laserstrahlen LS1, LS2 vier Teile 11, 12, 13, 14 aus einem Monofil 1, wie in der Fig. 2c ersichtlich. In den Fig. 3 und 4 ist ein einzelner so hergestellter Mähfaden 11 vergrößert im Details dargestellt. Der mittels Laserstrahlen aus dem Monofil 1 ausgeschnittene Mähfaden 11 weist einen viertelkreisförmigen Querschnitt 110 auf, wobei die Schnittflächen 115, 116 zusammen mit der Mantelfläche 114 einen kompakten Mähfaden 11 mit drei Abrißkanten 113, 112, 111 bilden.

Wie aus der Fig. 4 ersichtlich, verlaufen die Schnittflächen 115, 116 und damit auch die Mantelfläche 114 wellenförmig, da das Monofil 1 zusätzlich zu seiner Längsbewegung T längs seiner Achse X einer Drehbewegung D1 um seine Längsachse X unterworfen wurde. In der Fig. 4 ist ersichtlich, daß der Mähfaden 11 über die erste Wegstrecke a zwischen A und B um 90° gewendet und auf der nachfolgenden Wegstrecke a zwischen B und C um weitere 90° in der gleichen Richtung gewendet verläuft. Die Konfiguration, d. h. der schraubenlinienförmige Verlauf des Mähfadens 11, ist nicht durch Verformung desselben bei der Extrusion oder nachfolgend in einem entsprechenden Form- oder Ziehwerkzeug erfolgt, sondern ausschließlich durch die entsprechende Führung von mittels Laserstrahlen erzeugter Schnitte durch das extrudierte verstreckte Monofil. Der wie in Fig. 4 dargestellte schraubenlinienförmige Mähfaden 11 weist also die hohe Festigkeit eines extrudierten und verstreckten Produktes auf, das gleichzeitig die gewünschte wellenförmige oder schraubenlinienförmige Kontur von mindestens drei scharfen Abrißkanten 111, 112, 113 aufweist. Bei Einsatz des Mähfadens in einem Freischneidegerät, wo er bei einer Arbeitslänge von 15 bis 20 cm einseitig freihängend mit bis zu 15 000 Umdrehungen pro Minute rotiert, ermöglichen diese Abrißkanten 111, 112, 113 das Ablösen von Wirbel nicht erst am Ende des Fadens, also einmalig, sondern an jeder Stelle, wo eine Abrißkante, in Längsersteckung des Mähfadens betrachtet, entlang einer Mantellinie eine andere Abrißkante kreuzt, d. h. bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 4 nach jeder Wegstrecke a. Durch die so verlegte Wirbelablösung wird eine erhebliche Geräuschminderung erreicht.

Bei dem in der Fig. 4 dargestellten Mähfaden 11 könnte auch bereits nach einer ersten Wegstrecke a im Bereich B eine Umkehr der Drehrichtung D1 erfolgen, so daß die Schnittflächen 115, 116 und damit auch die Mantelfläche 114 in entgegengesetzter Richtung verlaufen und an der Stelle c wieder die Lage wie bei A dargestellt einnehmen. Dieses würde einer Oszillation mit einem Winkel  $\alpha$  um 90° entsprechen, während die Darstellung gemäß Fig. 4, falls die Drehrichtung D1 nicht verändert wird, die erste Halbwelle einer schraubenlinienförmigen Ausbildung des Mähfadens 11 entspricht und falls nach dem Schnitt C eine Umkehr der Drehrichtung D1 erfolgt, dies einer Oszillation mit einem Drehwinkel 180° entsprechen würde.

Beispielsweise ist es möglich, ein Monofil aus Polyamid 6 mit einem Durchmesser von 8 mm zu extrudieren

und dieses nachfolgend um das Sechsfache zu einem Monofil mit einem Durchmesser von 3,27 mm zu verstrecken. Aus diesem Monofil können durch Schneiden mittels Laserstrahlen LS1, LS2, wie in der Fig. 5 und Fig. 2 dargestellt, vier Mähfaden 11, 12, 13, 14 erzeugt werden, die noch einen mittleren Durchmesser nach Schmelzverlust von etwa 1,5 mm aufweisen.

In der Fig. 6a ist eine weitere Möglichkeit der Bearbeitung eines Monofil 1, im Querschnitt schematisch betrachtet, mittels Laserstrahlen LS1, LS2 dargestellt. In diesem Fall sind die Laserstrahlen LS1, LS2 parallel zueinander ausgerichtet, dergestalt, daß sie an zwei einander gegenüberliegenden Seiten des extrudierten und verstreckten Monofil 1 Kreisabschnitte S1, S2 abschneiden und verdampfen. Gleichzeitig zu der Transportbewegung in Längserstreckung des Monofil, siehe Fig. 5, wird das Monofil 1 oder aber die Laserstrahlen einer Drehbewegung unterworfen, so daß die Schnittflächen entsprechend wellenförmig am Monofil verlaufen. Der nach dem Abschneiden der Kreisabschnitte S1, S2 verbleibende Kern bildet dann den Mähfaden 10, siehe Fig. 6b, mit den Schnittflächen 101, 102, den verbliebenen Mantelflächen 103, 104 sowie den Abrißkanten 10a, 10b, 10c, 10d. Wie in der perspektivischen schematischen Darstellung nach Fig. 6c ersichtlich, verlaufen die Schnittflächen 101, 102 und damit auch die verbliebenen Mantelflächen 103, 104 wellenförmig um die Längsachse X des ehemaligen Monofil und bilden den gewünschten verdrehten Mähfaden 10 mit Abrißkanten. Die Drehbewegung des Monofil 1 während des Bearbeitens mittels der Laserstrahlen LS1, LS2 kann, wie bei Fig. 4 bereits erläutert, erfolgen, nämlich entweder Oszillieren um 90° oder Oszillieren um 180°, wie in der Fig. 6c dargestellt oder Drehbewegung kontinuierlich in einer Richtung. Darüber hinaus ist es auch möglich, bei kontinuierlicher Transportbewegung in Richtung T die Drehbewegung oder oszillierende Bewegung zum Erzeugen wellenförmiger Schnittflächen und damit wellenförmig geformter Mähfaden aus einem Monofil intermittierend auszuführen, so daß gewendelte Partien mit nicht gewendelten Partien, jedoch aufgeschnittene Partien, so daß in jedem Fall durchgehende Abrißkanten gebildet werden, abwechselnd ausgebildet werden. In der Fig. 6c ist nur beispielhaft dargestellt, wie nach Drehung des Monofil oder Lasers während des Schneidens auf der Wegstrecke 2a um 180° und nachfolgendem Zurückdrehen auf der Wegstrecke b zwischen C und F um wiederum 180° eine oszillierende Bewegung am Monofil durchgeführt werden kann. Die Wegstrecke 2a ist gleich der Wegstrecke 2b zwischen A und C bzw. C und F gemäß Fig. 6c und entspricht jeweils zwischen A und C bzw. C und F einer Halbwelle der Wendelung.

In der Fig. 7a ist eine weitere Möglichkeit der Veränderung des Querschnittes des extrudierten und verstreckten Monofil 1 zum Herstellen eines Mähfadens dargestellt. Gemäß der Variante nach Fig. 7a wirken zwei Laserstrahlen LS1, LS2 auf einer Achse in entgegengesetzter Richtung, d. h. an zwei einander gegenüberliegenden Seiten des Monofil auf dieses ein und arbeiten durch Verdampfen des Kunststoffes im Bereich S1 und S2 je eine Delle oder konkave Einbuchtung oder Nut 101, 102, siehe Fig. 7b, aus. Auch bei dieser Arbeitsweise mittels Laserstrahlen LS1, LS2 wird das Monofil 1 oder die Laserstrahlen rotierend um die Längsachse X des Monofil 1 gedreht in einer Richtung oder oszillierend, so daß die Einbuchtungen als Rillen wellenförmig oder schraubenlinienförmig am Umfang des aus dem Monofil hergestellten Mähfadens 10 verlaufen und zu-

gleich vier Abrißkanten 10a, 10b, 10c, 10d, siehe Fig. 7b, bilden.

Es ist natürlich auch möglich, die Einwirkung der Laserstrahlen LS1, LS2 gemäß Fig. 7a, 7b auf das Monofil nicht kontinuierlich durchzuführen, sondern intermittierend. Dann erhält man in entsprechenden Abständen durch Verdampfen des Kunststoffes im Bereich der Bearbeitung mittels der Laserstrahlen ausgearbeitete Kerben oder Nutbereiche, die ebenfalls je nach Drehung des Monofils 1 während des Transports längs der Achse X in einer entsprechenden Steigung am Umfang des Monofils verlaufend angeordnet sind. Hierbei kann die Tiefe und Breite der in der Oberfläche eingearbeiteten Kerben variiert und auch den Durchmesser des Monofils 1 angepaßt werden.

In der Fig. 8 ist beispielhaft schematisch die Ausbildung von Abrißlinien mittels Kerben 105 an einem Monofil 1 schematisch dargestellt. Das Monofil 1 wird hierbei aus einem geeigneten thermoplastischen Kunststoff hoher Festigkeit extrudiert und verstreckt, so daß es hierbei bereits den endgültigen für den Mähfaden bestimmten verstreckten Durchmesser  $d_m$  erhält. Um dieses Monofil 1 zusätzlich zur hochfesten Ausrüstung durch Verstreckung noch geräuschemindernd auszubilden, werden am Umfang des Monofils in regelmäßiger oder auch unregelmäßiger, gegebenenfalls rapportweise sich wiederholender Anordnung Kerben 105 mittels eines oder mehrerer Laserstrahlen eingearbeitet. Durch die Einwirkung der Laserstrahlen punktuell auf Bereiche der Oberfläche des Monofils werden die Kerben in der gewünschten Tiefe und Größe durch Verdampfen von Kunststoff gebildet. Das Monofil 1 wird hierbei in Transportrichtung T achsparallel zu seiner Längsachse X an der Einwirkungsstelle der Laserstrahlen LS vorbeigeführt, wobei gleichzeitig eine Drehbewegung beispielsweise in der dargestellten Richtung D1 um Längsachse X erfolgt. Je nach Geschwindigkeit der Transportbewegung T und der Drehbewegung D1 erfolgt die Anordnung und Steigungsverlauf der Kerben 105 auf dem Umfang des Monofils 1 sowie die Größe der Kerben, dies richtet sich auch nach der Einwirkungsdauer des intermittierend, d. h. diskontinuierlich mit Unterbrechungen auf die Oberfläche des Monofils einwirkenden Laserstrahles LS. Das so mit Kerben 105 versehene Monofil bildet dann den Mähfaden, wobei die Randkanten der Kerben die sogenannten Abrißkanten für den Mähfaden bilden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines monofilen Mähfadens aus einem extrudierbaren und verstreckbaren Kunststoff, der bezogen auf seine Längsachse eine sich ändernde Lage seines Querschnittes aufweist, bei dem aus dem Kunststoff ein Monofil extrudiert und bei einer Temperatur unterhalb der Schmelzetemperatur des Kunststoffes um das Zwei- bis Zehnfache verstreckt und danach auf Raumtemperatur abgekühlt wird, wodurch ein Monofil hoher Festigkeit mit Kreisquerschnitt erhalten wird, dadurch gekennzeichnet, daß das nach dem Extrudieren und Verstrecken erhaltene Monofil (1) in Richtung der Längsachse (X) des Monofils (1) mittels Laserstrahlen kontinuierlich oder intermittierend bearbeitet wird und mittels der Laserstrahlen Kunststoff bereichsweise unter Veränderung bzw. Verkleinerung des Querschnittes des Monofils entfernt wird und das Monofil zusätzlich zu seiner

Transportbewegung in Richtung der Längsachse (X) des Monofils (1) während des Bearbeitens mittels der Laserstrahlen um seine Längsachse (X) eine Drehbewegung in nur einer Drehrichtung oder eine oszillierende Drehbewegung ausführt bzw. die Laserstrahlen um die Längsachse (X) des Monofils eine Drehbewegung in nur einer Drehrichtung oder eine oszillierende Drehbewegung ausführen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei kontinuierlicher Bearbeitung des Monofils mittels Laserstrahlen am Monofil (1) in Längserstreckung desselben Schnittflächen (115, 116; 101, 102) mit am Umfang des Monofils entsprechend verlaufenden Abrißkanten (111, 112, 113; 10a, 10b, 10c, 10d) durch das Einwirken der Laserstrahlen ausgebildet werden, die entsprechend der durchgeführten Dreh- oder Oszillationsbewegung des Monofils gewandelt sind.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Monofil abwechselnd nach der einen oder anderen Drehrichtung vorzugsweise bis zu einem Drehwinkel  $\alpha$  von  $180^\circ$  gedreht wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Monofil entlang einer vorgegebenen Wegstrecke exakt in Richtung seiner Längsachse (X) geführt und einer Drehbewegung unterworfen wird, während unter Einwirkung von Laserstrahlen entlang vorgegebener Schnittrichtungen Material am Querschnitt des Monofils durch Verdampfen entfernt wird und hierbei die Schnittflächen (115, 116; 101, 102) am Monofil erzeugt werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß auf das Monofil zwei senkrecht zueinander verlaufend ausgerichtete Laserstrahlen einwirken, deren theoretischer Kreuzungspunkt sich bevorzugt auf der Längsachse (X) des Monofils (1) befindet und das Monofil in zwei zueinander senkrechten Schnittebenen durchtrennen und hierbei aus dem Monofil (1) vier einzelne Mähfäden (11, 12, 13, 14) mit jeweils einem einem Viertelkreis entsprechenden Querschnitt mit drei in Längserstreckung wendelförmig, gegebenenfalls wechselnder Wendelrichtung verlaufenden Abrißkanten (111, 112, 113) erzeugt werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß auf das Monofil (1) zwei parallel zueinander verlaufende Laserstrahlen einwirken, dergestalt, daß an zwei einander gegenüberliegenden Seiten des Monofils vorzugsweise gleich große Abschnitte vom Querschnitt des Monofils abgetrennt bzw. durch Verdampfen des Kunststoffes entfernt werden und ein Mähfaden (10) mit vier wendelförmig in Längserstreckung verlaufender Abrißkanten (10a, 10b, 10c, 10d), gegebenenfalls wechselnder Wendelrichtung, erzeugt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Kreisabschnitte vom Querschnitt des Monofils (1) abgetrennt werden.

8. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Nuten am Querschnitt durch Verdampfen des Materials erzeugt werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß ein Monofil mit einem Durchmesser von 5 bis 10 mm extrudiert und nachfolgend um das Vier- bis Achtfache verstreckt

wird und hieraus durch Bearbeiten mittels Laserstrahlen Mähfaden mit einem mittleren Durchmesser des Querschnittes von etwa 1,5 bis 4 mm und mit wendelförmiger Gestalt erhalten werden.

10. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Monofil eine oszillierende Bewegung um einen Drehwinkel  $\alpha$  von 90° ausführt. 5

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die wendelförmige Steigung der Abrißkanten so gewählt ist, daß auf einer Länge (a) von 1 bis 2,5 cm des Mähfadens ein Abriß erfolgt, d. h. einer Länge, die einem Abstand (a) zwischen zwei, in Längserstreckung des Mähfadens betrachtet, eine gedachte Mantellinie kreuzenden Abrißkanten entspricht. 10 15

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß eine spiegelsymmetrische Bearbeitung des Querschnitts des Monofils (1) mittels der Laserstrahlen erfolgt.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Bearbeitung des Querschnitts des Monofils mittels Laserstrahlen in Längserstreckung des Monofils intermittierend erfolgt. 20

14. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei intermittierender Bearbeitung der Oberfläche des Monofils mittels Laserstrahlen Kerben gleicher oder verschiedener Abmessungen in gleichmäßiger oder unregelmäßiger Anordnung längs, quer oder schräg zur Längsachse des Monofils in die Oberfläche des Monofils durch Verdampfen von Kunststoff eingearbeitet werden, wobei an den Kerbenrändern Abrißkanten für die Geräuschminderung gebildet werden. 25 30

15. Mähfaden aus einem verstreckten und extrudierten Kunststoff, der extrudiert und um das Zweibis Zehnfache verstreckt ist, dadurch gekennzeichnet, daß er mindestens drei am äußersten Umfang des Monofils in Längserstreckung ausgebildete wendelförmig verlaufende Abrißkanten (111, 112, 113; 10a, 10b, 10c, 10d) aufweist, wobei entweder nur eine Wendelrichtung oder eine einer oszillierenden Bewegung des Monofils entsprechende wechselnde Wendelrichtung vorhanden ist. 35 40 45

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

50

55

60

65

- Leerseite -

Fig. 1a

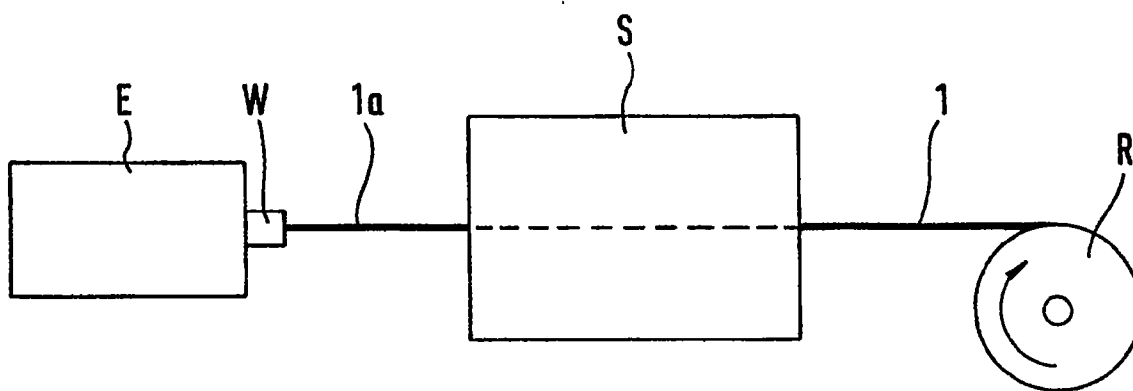
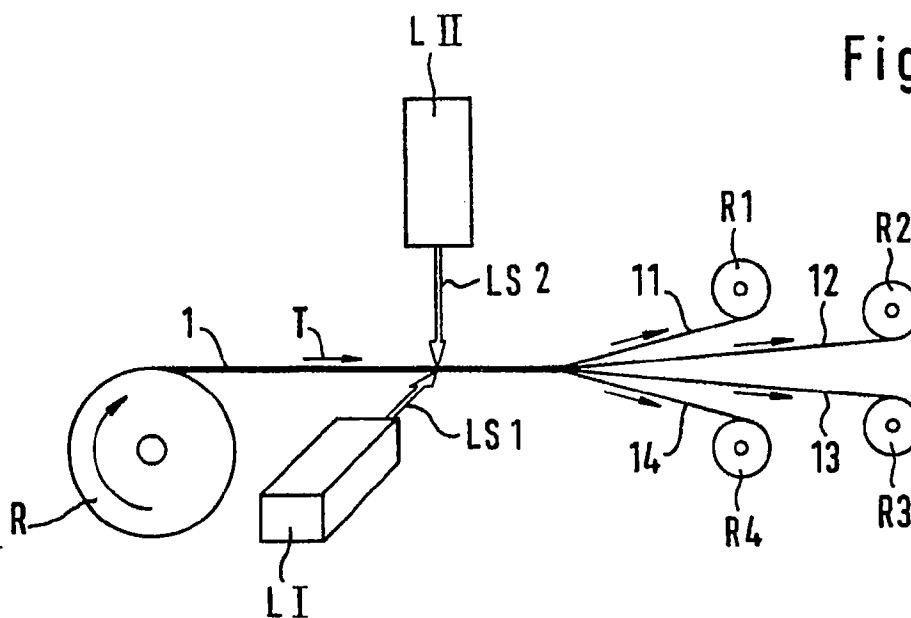


Fig. 1b



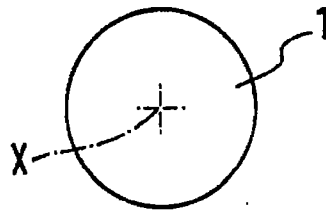


Fig. 2a

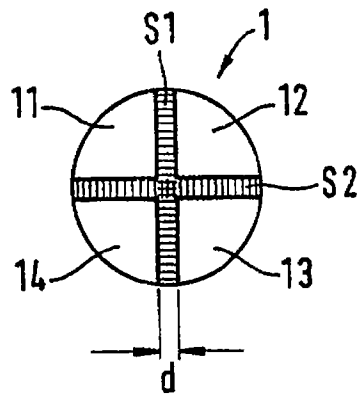


Fig. 2b

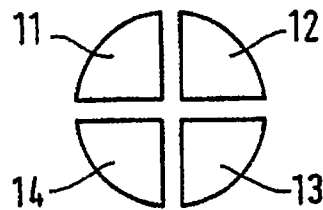


Fig. 2c

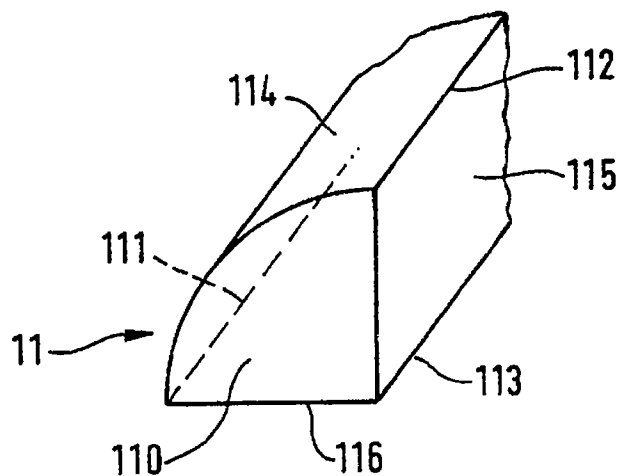


Fig. 3



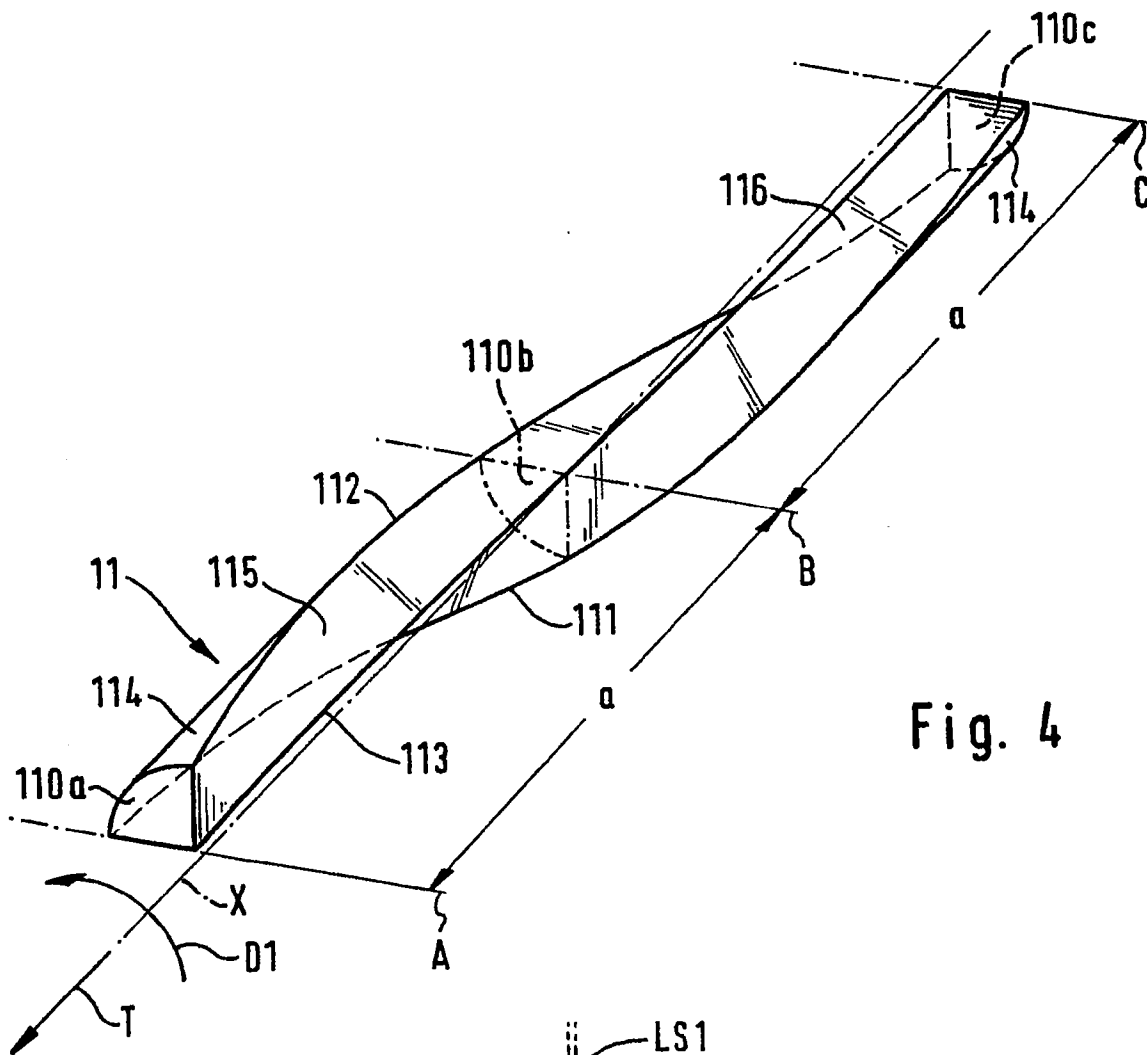


Fig. 4

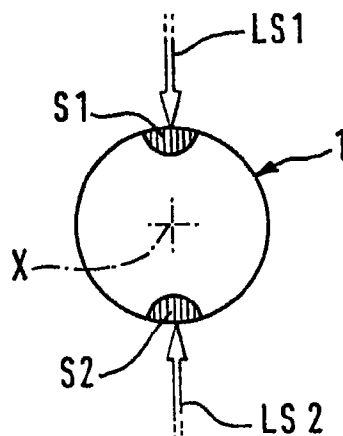


Fig. 7a

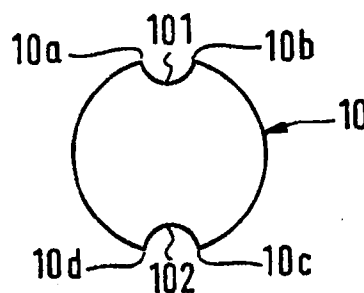


Fig. 7b

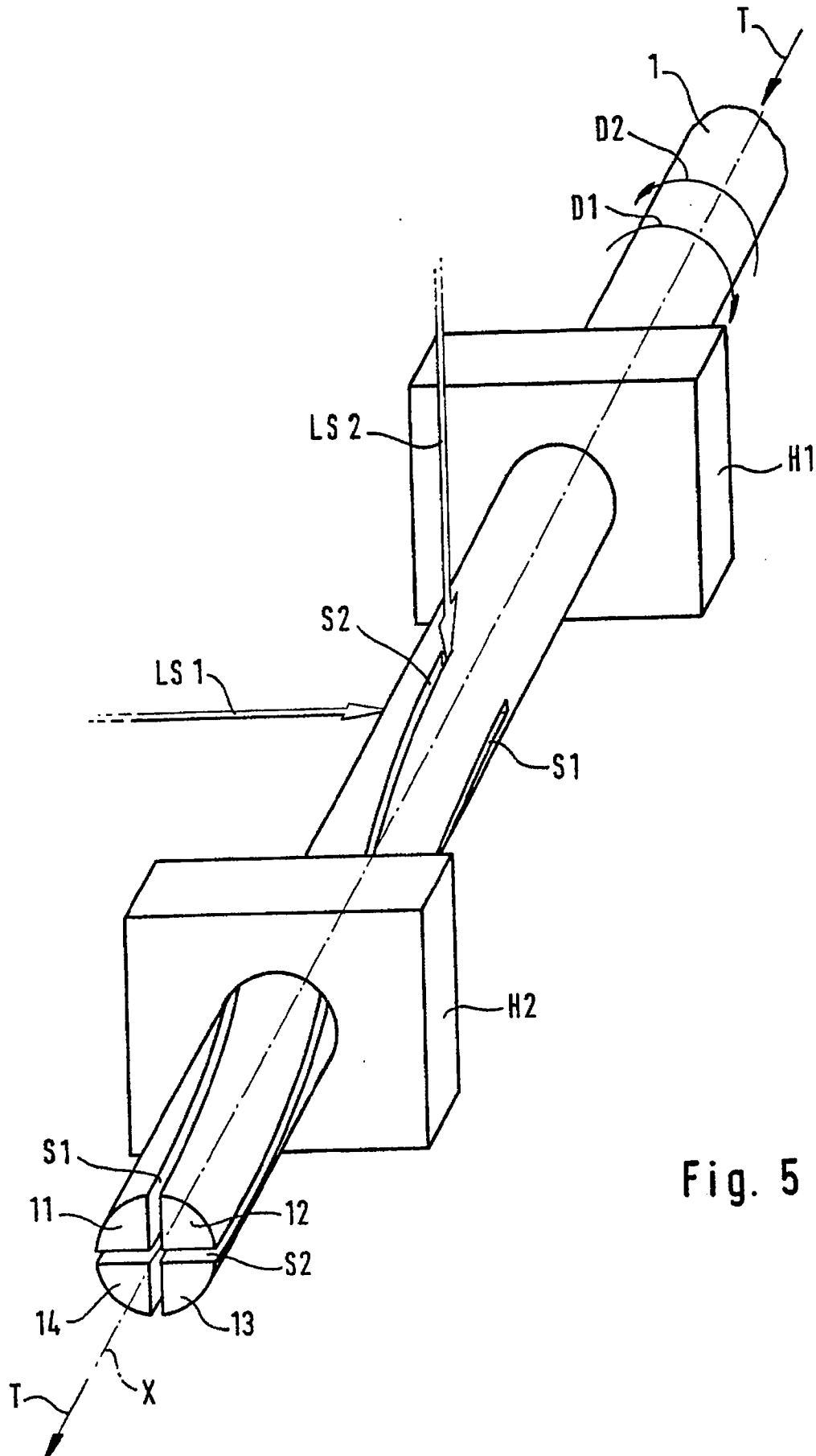


Fig. 5

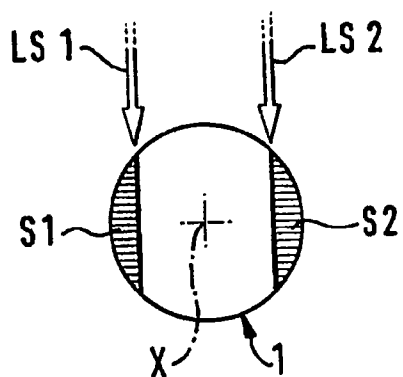


Fig. 6a

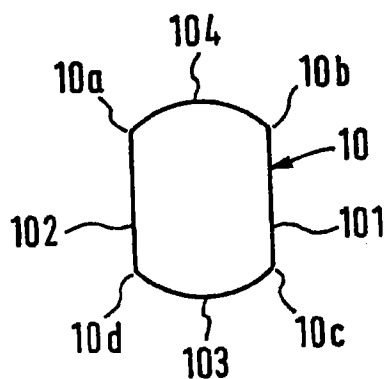


Fig. 6b

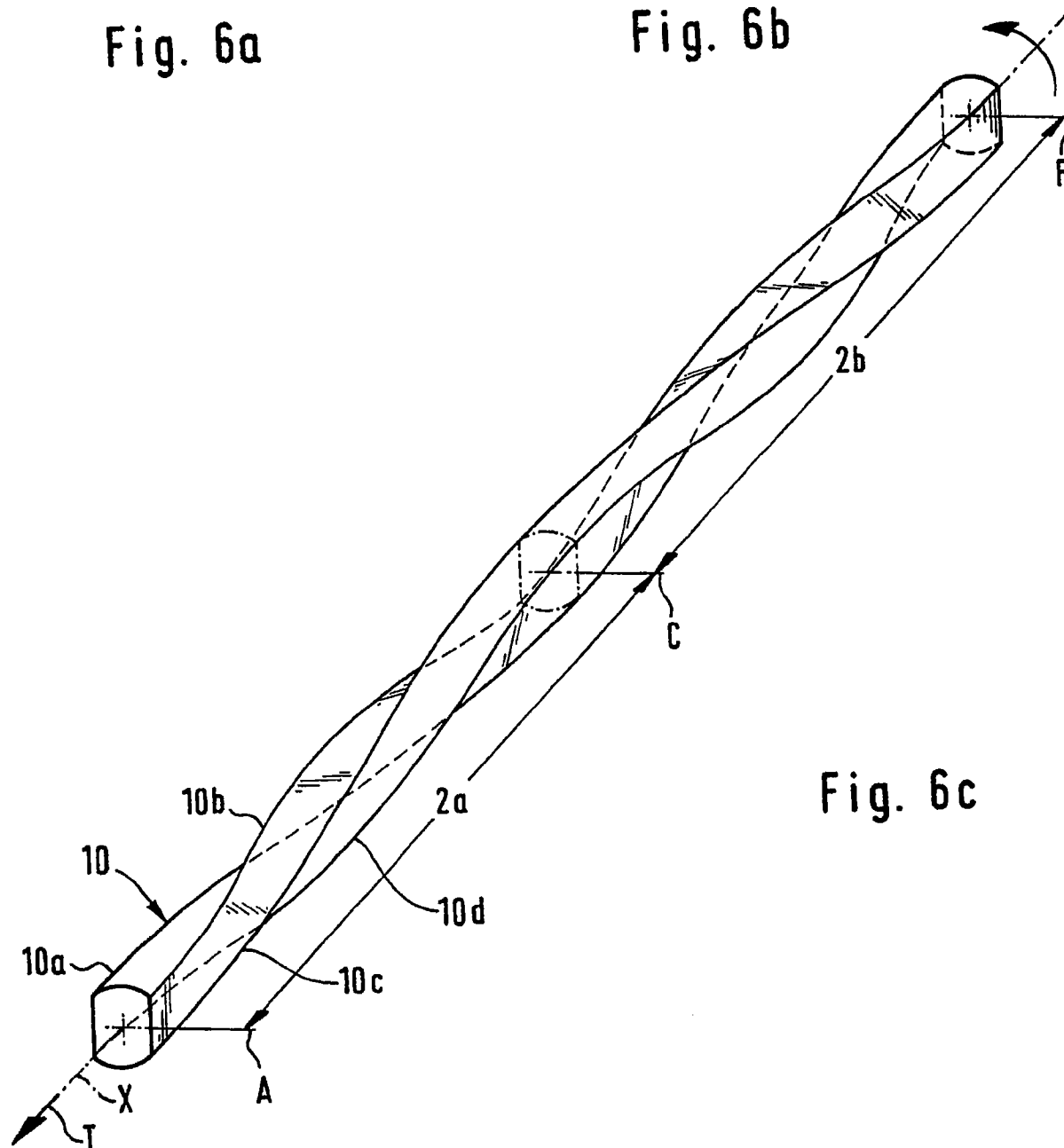


Fig. 6c

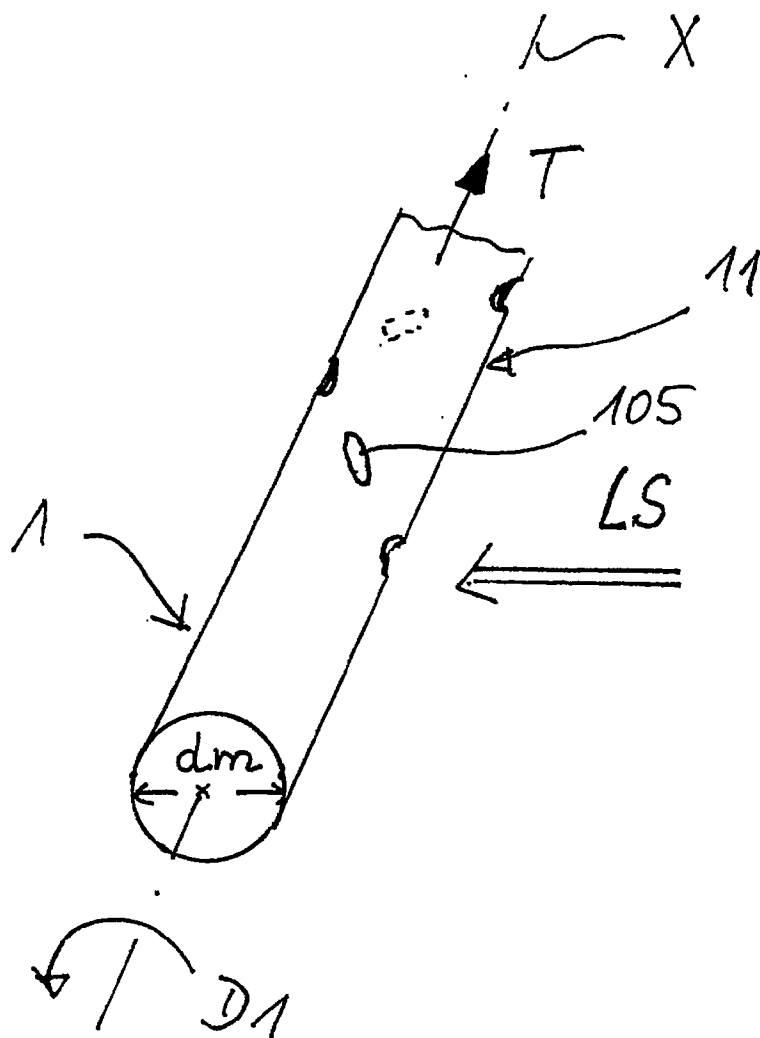


Fig. 8